

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-160999

(43)Date of publication of application : 12.06.2001

(51)Int.Cl.

H04R 17/00  
H01L 41/09  
H04R 7/02

(21)Application number : 2000-306885

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 05.11.1999

(72)Inventor : OGURA TAKASHI  
MURATA KOSAKU

(30)Priority

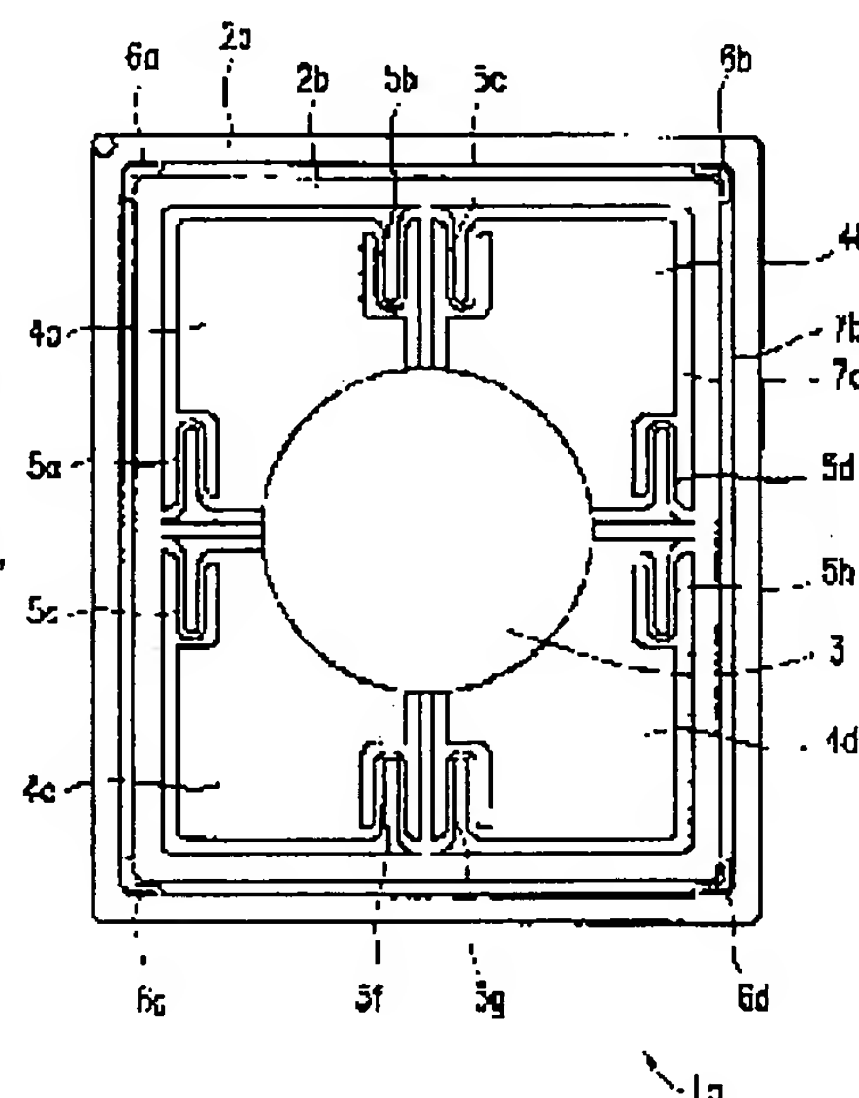
Priority number : 10314264  
11122142Priority date : 05.11.1998  
28.04.1999Priority country : JP  
JP

## (54) PIEZOELECTRIC LOUDSPEAKER AND LOUDSPEAKER SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric loudspeaker that can reproduce sounds of lower frequency band.

SOLUTION: This piezoelectric loudspeaker 1a is provided with frames 2a, 2b, diaphragms 4a-4d, a piezoelectric element 3 places on the diaphragms 4a-4d, dampers 5a-5h that are connected to the frames 2a, 2b and the diaphragms 4a-4d and supports the diaphragms 4a-4d, so that the diaphragms 4a-4d can vibrate linearly, and edges 7a, 7b that are formed to prevent air from being leaked from the air gap between the diaphragms 4a-4d and the frames 2a, 2d.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.10.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-160999

(P2001-160999A)

(43)公開日 平成13年6月12日(2001.6.12)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ1-ト\*(参考)

H 0 4 R 17/00

H 0 4 R 17/00

H 0 1 L 41/09

7/02

D

H 0 4 R 7/02

H 0 1 L 41/08

U

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願2000-306885(P2000-306885)

(62)分割の表示 特願平11-316051の分割

(22)出願日 平成11年11月5日(1999.11.5)

(31)優先権主張番号 特願平10-314264

(32)優先日 平成10年11月5日(1998.11.5)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平11-122142

(32)優先日 平成11年4月28日(1999.4.28)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 小椋 高志

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72)発明者 村田 耕作

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74)代理人 100078282

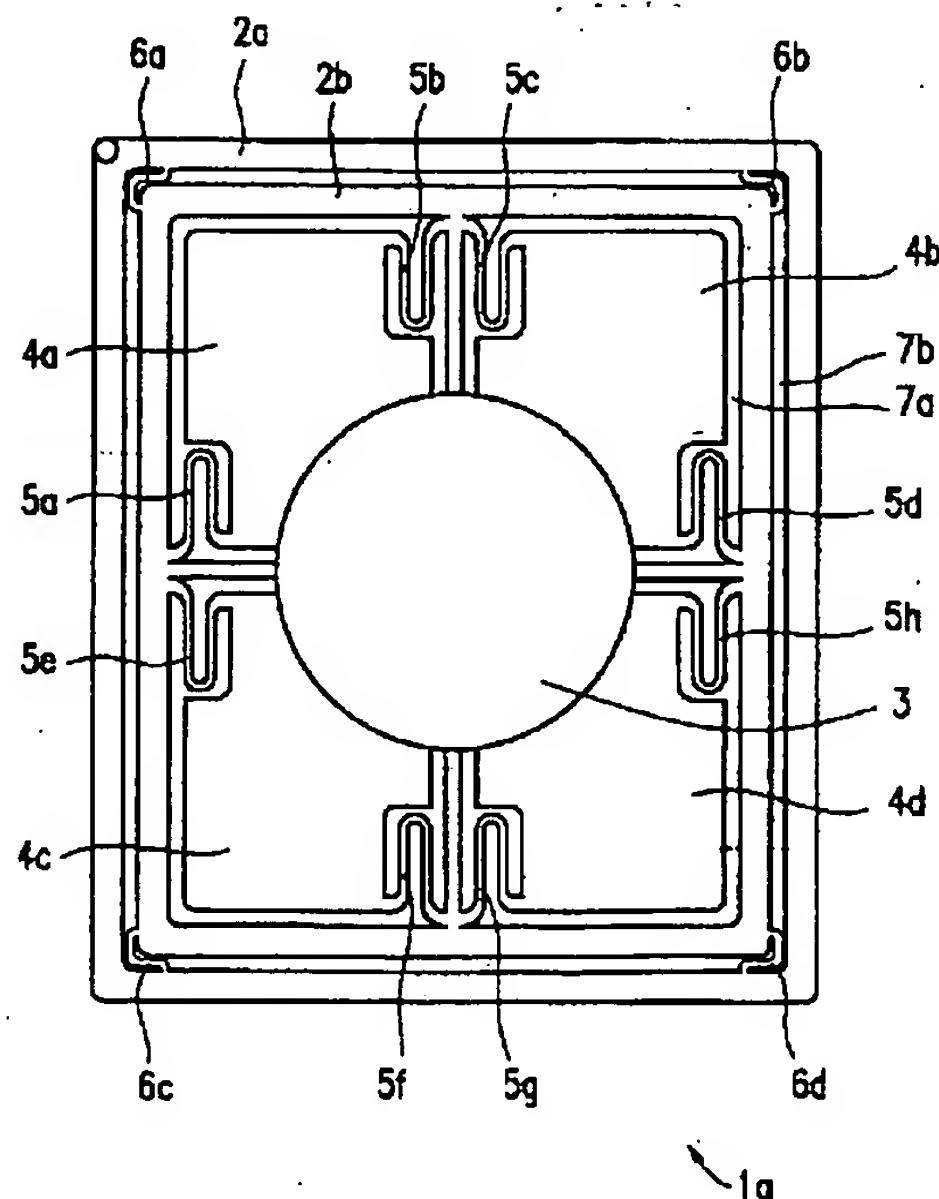
弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】 圧電スピーカおよびスピーカシステム

(57)【要約】

【課題】 より低い周波数帯域の音を再生することが可能な圧電スピーカを提供する。

【解決手段】 圧電スピーカ1aは、フレーム2a、2bと、振動板4a~4bと、振動板4a~4dの上に配置された圧電素子3と、フレーム2a、2bと振動板4a~4dとに接続され、振動板4a~4dがリニアに振幅可能となるように振動板4a~4dを支持するダンパ5a~5hと、振動板4a~4dとフレーム2a、2bとの間の空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジ7a、7bとを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フレームと、  
振動板と、  
前記振動板の上に配置された圧電素子と、  
前記フレームと前記振動板とに接続され、前記振動板が  
リニアに振幅可能となるように前記振動板を支持するダン  
バと、  
前記振動板と前記ダンバと前記フレームとの間の空隙を  
埋めるように形成されたエッジとを備え、  
前記ダンバが電極を兼ねることを特徴とする圧電スピー  
カ。

【請求項2】 フレームと、  
複数の振動板と、  
前記複数の振動板の上に配置された少なくとも1つの圧  
電素子と、  
前記フレームと前記複数の振動板とに接続され、前記複  
数の振動板のそれぞれがリニアに振幅可能となるように  
前記複数の振動板を支持する複数のダンバと、  
前記複数の振動板と前記フレームとの間の空隙から空気  
が漏れることを防止するように形成されたエッジとを備  
え、  
前記ダンバが電極を兼ねることを特徴とする圧電スピー  
カ。

【請求項3】 前記少なくとも1つの圧電素子は、第1  
の圧電素子と複数の第2の圧電素子とを含み、前記第1  
の圧電素子は、前記複数の振動板に振動を伝達し、前記  
複数の第2の圧電素子のそれぞれは、前記複数の振動板  
のうち対応する1つに振動を伝達する、請求項2に記載  
の圧電スピーカ。

【請求項4】 前記複数の振動板の少なくとも一部の面  
には樹脂が形成されている、請求項2に記載の圧電スピー  
カ。

【請求項5】 前記樹脂と、前記エッジを形成するた  
めに使用される樹脂とは共通の樹脂が使用される、請求  
項4に記載の圧電スピーカ。

【請求項6】 前記複数のダンバは、異なる物理特性を  
有する複数の部分を含む、請求項2に記載の圧電スピー  
カ。

【請求項7】 前記エッジは、異なる物理特性を有する  
複数の部分を含む、請求項2に記載の圧電スピーカ。

【請求項8】 前記複数の振動板は、互いに異なる重量  
を有する、請求項2に記載の圧電スピーカ。

【請求項9】 前記複数の振動板には、互いに異なる厚  
さの樹脂が形成されている、請求項8に記載の圧電スピー  
カ。

【請求項10】 前記複数の振動板は、互いに異なる厚  
さを有している、請求項8に記載の圧電スピーカ。

【請求項11】 複数の圧電スピーカを備えたスピーカ  
システムであって、  
前記複数の圧電スピーカのそれぞれは、請求項1ないし

10のいずれかに記載の圧電スピーカである、スピーカ  
システム。

【請求項12】 前記複数の圧電スピーカは、ピークデ  
ィップを互いに補完しあうように異なる音響特性を有し  
ている、請求項11に記載のスピーカシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響機器などに用  
いられる圧電スピーカ、その製造方法およびスピーカシ  
ステムに関する。

【0002】

【従来の技術】圧電スピーカの音響再生機構は、面共振  
に基づいている。しかし、従来の圧電スピーカは、振動  
板の周辺部分がフレームに固着された構造を有している  
ため、振動板の周辺部分に近づくほど振動板の振幅が大  
きく減少する。その結果、振動板の周辺部分では、空気  
に伝達できる振動エネルギーが大きく減少してしまうこ  
ととなる。このような振動板の挙動は、太鼓の振動面の  
挙動と同じである。

【0003】このような理由から、従来の圧電スピーカ  
では、小振幅で再生可能な高い周波数領域（高域）では  
高い音圧が得られるのに対し、おおよそ1kHz以下の  
周波数帯域（低域）では十分に高い音圧が得られないと  
いう問題点があった。

【0004】このため、従来の圧電スピーカの用途は、  
高域のみを担当するツイーターや、電話機のレシーバー  
用のスピーカなどに限定されていた。

【0005】図22は、振動板を樹脂発泡体で挟み込  
んだ構造を有する従来の圧電スピーカ220の構造を示  
す。圧電スピーカ220は、金属振動板224と、金属  
振動板224の上に形成された圧電素子223と、金属  
振動板224の周辺部分を固定する樹脂発泡体222と  
を含んでいる。

【0006】樹脂発泡体222は、柔軟性を有する部材  
である。樹脂発泡体222は、金属振動板224を挟み  
込むように設けられている。

【0007】圧電スピーカ220は、金属振動板224  
の振幅を大きくする目的で設けられている樹脂発泡体2  
22自身が金属振動板224の周辺部分を固定する支持  
部材を兼ねているという相反した構造を有している。実  
際には、樹脂発泡体222の役割は、金属振動板224  
の周辺部分を固定することにより比重が置かれている  
ことが多い。このため、十分なコンプライアンスが得ら  
れることがない。

【0008】圧電スピーカ220における振動板の挙動  
も、太鼓の振動面の挙動と同じ程度にすぎない。従っ  
て、低い周波数帯域の音を再生することが困難である  
という問題点は、振動板の周辺部分がフレームに固着さ  
れた構造を有する従来の圧電スピーカと同じである。さら  
に、圧電スピーカ220は、樹脂発泡体の厚さとそれら

を挟み込むフレームの厚さ分だけ圧電スピーカの厚さが増大してしまうため、薄型タイプの圧電スピーカを実現することが困難であるというデメリットをかかえている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の圧電スピーカでは、振動板の周辺部分がフレームまたは樹脂発泡体に固定されているため、低い周波数帯域の音を再生することが困難であるという問題点があった。さらに、従来の圧電スピーカでは、特定の周波数において強い共振モードが発生するため、音圧差の大きいピークディップが広い周波数帯域にわたって音響特性に現れてしまうという問題点があった。

【0010】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、より低い周波数帯域の音を再生することが可能な圧電スピーカ、その製造方法およびスピーカシステムを提供することを目的とする。また、本発明は、音圧差の大きいピークディップが音響特性に現れることを抑制する圧電スピーカ、その製造方法およびスピーカシステムを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の圧電スピーカは、フレームと、振動板と、前記振動板の上に配置された圧電素子と、前記フレームと前記振動板とに接続され、前記振動板がリニアに振幅可能となるように前記振動板を支持するダンパと、前記振動板と前記フレームとの間の空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジとを備えており、これにより、上記目的が達成される。

【0012】本発明の他の圧電スピーカは、フレームと、複数の振動板と、前記複数の振動板の上に配置された少なくとも1つの圧電素子と、前記フレームと前記複数の振動板とに接続され、前記複数の振動板のそれぞれがリニアに振幅可能となるように前記複数の振動板を支持する複数のダンパと、前記複数の振動板と前記フレームとの間の空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジとを備えており、これにより、上記目的が達成される。

【0013】前記少なくとも1つの圧電素子は、第1の圧電素子と複数の第2の圧電素子とを含み、前記第1の圧電素子は、前記複数の振動板に振動を伝達し、前記複数の第2の圧電素子のそれぞれは、前記複数の振動板のうち対応する1つに振動を伝達してもよい。

【0014】前記複数の振動板の少なくとも一部の面には樹脂が形成されていてもよい。

【0015】前記樹脂と、前記エッジを形成するために使用される樹脂とは共通の樹脂が使用されてもよい。

【0016】前記複数のダンパは、異なる物理特性を有する複数の部分を含んでいてもよい。

【0017】前記エッジは、異なる物理特性を有する複

数の部分を含んでいてもよい。

【0018】前記複数の振動板は、互いに異なる重量を有していてもよい。

【0019】前記複数の振動板には、互いに異なる厚さの樹脂が形成されていてもよい。

【0020】前記複数の振動板は、互いに異なる厚さを有していてもよい。

【0021】本発明の圧電スピーカの製造方法は、板を加工することにより、フレームと、複数の振動板と、前記フレームと前記複数の振動板とに接続され、前記複数の振動板のそれぞれがリニアに振幅可能となるように前記複数の振動板を支持する複数のダンパとを形成する工程と、前記複数の振動板の上に少なくとも1つの圧電素子を配置する工程と、前記複数の振動板と前記フレームとの間の空隙から空気が漏れることを防止するエッジを形成する工程とを包含しており、これにより、上記目的が達成される。

【0022】前記エッジは、前記複数の振動板にシートを貼付することによって形成されてもよい。

【0023】前記シートは、弾性を有するゴムの薄膜フィルムであってもよい。

【0024】前記シートは、弾性を有する織布または不織布にゴム弾性を有する樹脂を含浸またはコートして目止めを行ったものであってもよい。

【0025】前記エッジは、液状の高分子樹脂の表面張力による毛細管現象を利用して、前記複数の振動板と前記フレームとの間の前記空隙に前記高分子樹脂を保持することによって形成されてもよい。

【0026】前記高分子樹脂は、溶剤揮発硬化型、二液以上の混合反応硬化型および低温反応型のいずれかの樹脂であってもよい。

【0027】前記高分子樹脂は、ディッピング法またはスピンコート法を用いて前記空隙に保持されてもよい。

【0028】前記方法は、前記エッジを形成する工程の前に、前記複数の振動板と前記高分子樹脂との接着性を向上させる工程をさらに包含してもよい。

【0029】前記方法は、前記少なくとも1つの圧電素子を電気的に接続する工程をさらに包含してもよい。

【0030】本発明のスピーカシステムは、複数の圧電スピーカを備えたスピーカシステムであって、前記複数の圧電スピーカのそれぞれは、上述した圧電スピーカである。これにより、上記目的が達成される。

【0031】前記複数の圧電スピーカは、ピークディップを互いに補完しあうように異なる音響特性を有していてもよい。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0033】1. 圧電スピーカの構造

図1は、本発明の実施の形態の圧電スピーカ1aの構造



を示す。

【0034】圧電スピーカ1aは、アウトフレーム2aと、インナフレーム2bと、振動板4a～4dと、振動板4a～4dに振動を伝達する圧電素子3とを有している。

【0035】振動板4aは、ダンバ5a、5bを介してインナフレーム2bに接続されている。同様に、振動板4bは、ダンバ5c、5dを介してインナフレーム2bに接続されており、振動板4cは、ダンバ5e、5fを介してインナフレーム2bに接続されており、振動板4dは、ダンバ5g、5hを介してインナフレーム2bに接続されている。

【0036】インナフレーム2bは、ダンバ6a～6bを介してアウトフレーム2aに接続されている。アウトフレーム2aは、圧電スピーカ1aの固定部材（図示せず）に固定されている。

【0037】ダンバ5a～5hおよびダンバ6a～6dは、それらの形状から「蝶ダンバ」と呼ばれる。

【0038】ダンバ5a、5bは、振動板4aがリニアに振幅可能となるように振動板4aを支持する。ここで、本明細書では、「振動板4aがリニアに振幅可能」とは、「振動板4aの面と基準面とが実質的に平行な状態を保ちつつ、かつ、振動板4aがその基準面に対して実質的に垂直な方向に振動する」ことをいうと定義する。同一の定義が振動板4b～4cおよび本発明の圧電スピーカの他の振動板についてもあてはまる。例えば、アウトフレーム2aが図1の紙面と同一の面（基準面）に固定されていると仮定する。この場合、振動板4aは、振動板4aの面と図1の紙面とが実質的に平行な状態を保ちつつ、かつ、振動板4aが図1の紙面に対して実質的に垂直な方向に振動するように支持される。

【0039】同様に、ダンバ5c、5dは、振動板4bがリニアに振幅可能となるように振動板4bを支持し、ダンバ5e、5fは、振動板4cがリニアに振幅可能となるように振動板4cを支持し、ダンバ5g、5hは、振動板4dがリニアに振幅可能となるように振動板4dを支持する。

【0040】ダンバ6a～6dは、振動板4a～4dが同時にリニアに振幅可能となるように振動板4a～4dを支持する。

【0041】圧電スピーカ1aは、振動板4a～4dとインナフレーム2bとの空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジ7aと、インナフレーム2bとアウトフレーム2aとの空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジ7bとをさらに有している。振動板4a～4dとインナフレーム2bとの空隙やインナフレーム2bとアウトフレーム2aとの空隙から空気が漏れてしまうと、振動板4a～4dの前後に生じた逆位相の音が相互に干渉することにより、音圧が低下する。エッジ7a、7bは、このような空気漏れ

を防止することにより、特性劣化が顕著な低周波数帯域における音圧の低下を防止するように形成されている。その結果、圧電スピーカ1aによれば、従来の圧電スピーカに比較して、より低い周波数帯域の音を再生することが可能になる。

【0042】さらに、エッジ7a、7bは、振動板4a～4dを支持する支持部材の一部として機能する。エッジ7a、7bによって振動板4a～4dの周囲を支持することにより、振動板4a～4dの振幅運動が容易になる。もし、エッジ7a、7bが振動板4a～4dの支持部材として機能せず、ダンバ5a～5h、6a～6dのみが振動板4a～4dの支持部材として機能する場合には、振動板4a～4dは、特定の周波数帯域において適当な方向に暴れやすくなる。その結果、不要共振が生じやすくなる。

【0043】図2Aは、圧電素子3が配置された振動板4a～4dの面と反対側の面にシート8を貼付することによってエッジ7a、7bを形成した例を示す。

【0044】シート8の材料としては、通気性がなく、かつ、弾力性を有している材料が好ましい。シート8は、例えば、弾性を有するゴムの薄膜フィルムである。あるいは、シート8は、弾性を有する織布または不織布にゴム弾性を有する樹脂を含浸またはコートして目止めを行ったものであってもよい。

【0045】弾性を有するゴムの薄膜フィルムとしては、例えば、スチレン-ブタジエンゴム（SBR）、ブタジエンゴム（BR）、アクリロニトリル-ブタジエンゴム（NBR）、エチレン-プロピレンゴム（EPDM）、エチレン-プロピレン-ジエンゴム（EPDM）などのゴム、または、それらの変成体の材料からなるゴム系高分子樹脂フィルムを使用することができる。

【0046】織布または不織布の素材としては、例えば、ポリウレタン繊維を使用することができる。

【0047】さらに、シート8の材料として内部損失の高い弾性高分子素材を用いることにより、振動板4a～4dの不要共振を抑制することが可能になる。

【0048】図2Bは、シート8を用いる代わりに、振動板4a～4dとインナフレーム2bとの空隙を樹脂で埋めることによってエッジ7aを形成した例を示す。エッジ7bも同様の方法によって形成され得る。

【0049】例えば、エッジ7aは、金属板をエッチング加工または打ち抜き加工することにより、振動板4a～4d、ダンバ5a～5hおよびインナフレーム2bを形成した後、その金属板に硬化後柔軟性（ゴム弾性）を有する高分子樹脂の溶液を塗布することによって形成される。硬化した高分子樹脂9は、図2Bに示されるように、振動板4a～4dとインナフレーム2bとの空隙に保持される。

【0050】エッジ7aを形成する方法としては、液状の高分子樹脂の表面張力による毛細管現象を利用して、

その高分子樹脂を空隙に保持する任意の方法を使用することができる。例えば、ディッピング、スピンコート、刷毛塗り、スプレー塗工などのいずれの方法によってもエッジ7aを形成することが可能である。従って、エッジ7aを形成する方法の選択の自由度が高いという利点がある。

【0051】なお、高分子樹脂9は、空気のシーリングだけでなく、ダンバ5a~5hや振動板4a~4dの不要共振を除去する目的で使用される。従って、高分子樹脂9は、内部損失が高く、かつ、硬化後もある程度の柔軟性を有する素材であることが好ましい。低い周波数帯域の音声の再生を重視したスピーカを設計するためには、例えば、高分子樹脂9の弾性率は、 $5.0 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>) 以下であることが望ましい。その理由は、高分子樹脂9の弾性率が $5.0 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>) より高い場合には、振動板4a~4dの振幅が得られ難くなり、最低共振周波数(f<sub>0</sub>)が高い周波数帯域にシフトしてしまうからである。また、高分子樹脂9の内部損失は、0.05以上あることが望ましい。その理由は、高分子樹脂9の内部損失が0.05より小さい場合には、尖鋭度の高いピークディップを生じた特性が音響特性に現れやすくなり、音圧の平坦性が損なわれやすくなるからである。

【0052】また、高分子樹脂9は、常温にて使用することが可能な素材であることが望ましい。具体的には、100℃以下で使用することが可能な素材であることが望ましい。その理由は、エッジを形成する工程は、圧電素子を形成する工程より後であるため、硬化温度によって圧電素子が脱分極してしまうことを防止するためである。なお、高分子樹脂9としては、硬化条件の異なる様々なタイプの樹脂を使用することができる。例えば、高分子樹脂9として、溶剤揮発硬化型、二液以上の混合反応硬化型、または、低温反応型の樹脂を使用することが可能である。

【0053】このように、圧電スピーカ1aにおいては、振動板4a~4dとダンバ5a~5h、6a~6dとエッジ7a、7bとは同一平面上に形成される。これにより、圧電スピーカ1aの厚みを小さくすることができる。その結果、薄型タイプの圧電スピーカを実現することが可能になる。

【0054】樹脂を用いてエッジを形成する方法(図2B)によれば、シートを用いてエッジを形成する方法(図2A)に比較して、シートの厚さ分だけ、より薄型タイプの圧電スピーカを提供することができる。

【0055】また、シートを用いてエッジを形成する方法(図2A)および樹脂を用いてエッジを形成する方法(図2B)のいずれの方法においても、内部損失が高く、かつ、ゴム弾性を有する樹脂を振動板4a~4dの全面または一部の面に塗布することによって、振動板4a~4dの不要共振を効果的に除去することができる。

この場合、その樹脂の内部損失は、上述した理由と同様の理由から、0.05以上あることが望ましい。

【0056】特に、樹脂を用いてエッジを形成する方法(図2B)においては、エッジを形成するために使用される樹脂と、振動板4a~4dの全面または一部の面に形成される樹脂とに共通の樹脂を使用することにより、ディッピングやスピンコート法などを用いてこれらの樹脂を塗布する工程を共通化することができる。これにより、圧電スピーカ1aの製造工程が単純化される。

10 【0057】なお、このような樹脂の素材として耐水性を有する素材を用いることにより、湿度の高い状況や水中での使用などのいわゆる水まわりの使用においても振動板4a~4dが腐食しにくい圧電スピーカ1aを実現することができる。あるいは、樹脂の素材として、耐湿性、耐溶剤性、耐熱性、耐酸化性ガスなどの耐環境性を有する素材を用いてもよい。このように、耐環境性を有する素材の高分子樹脂で振動板4a~4dと圧電素子3とを覆うことにより、圧電スピーカ1a全体の耐環境性を向上させることができる。

20 【0058】図3Aおよび図3Bは、本発明の実施の形態の圧電スピーカ1b、1cの構造を示す。

【0059】圧電スピーカ1b、1cは、図1に示される振動板4a~4dに代えて単一の振動板14と、振動板14に振動を伝達する圧電素子13とを有している。

【0060】振動板14は、ダンバ16a~16dを介してフレーム12に接続されている。ダンバ16a~16dは、振動板14がリニアに振幅可能となるように振動板14を支持する。

30 【0061】フレーム12は、圧電スピーカ1b、1cの固定部材(図示せず)に固定されている。

【0062】なお、ダンバ16a~16dが設けられる位置、個数および形状は、図3Aおよび図3Bに示されるそれらには限定されない。ダンバ16a~16dは、振動板14がリニアに振幅可能となるように振動板14を支持するという機能を達成する限り、任意の位置、個数および形状をとり得る。

40 【0063】圧電スピーカ1b、1cは、振動板14とフレーム12との空隙から空気が漏れることを防止するように形成されたエッジ17をさらに有している。エッジ17の材料および形成方法は、上述したエッジ7a、7bの材料および形成方法と同様である。従って、ここではその説明を省略する。

【0064】図4は、本発明の実施の形態の圧電スピーカ1dの構造を示す。

【0065】圧電スピーカ1dは、図1に示される圧電素子3に代えて圧電素子3a~3dを有している。圧電素子3a~3dのそれぞれは、振動板4a~4dのうち対応する1つの振動板に振動を伝達するように配置されている。

50 【0066】圧電スピーカ1dによれば、圧電素子3a

～3dを同時に駆動することにより、単一の振動板14を用いる圧電スピーカ1b、1c(図3A、図3B)に比較して、低い周波数帯域の音圧を向上させ、かつ、音圧差の大きいピークディップが音響特性に現れることを抑制することができる。

【0067】低い周波数帯域の音圧を向上させることができる理由は、振動板4a～4dのそれぞれにおける低い周波数帯域の微小振幅が合成され、その合成された振幅で振動板4a～4dが振動するからである。

【0068】また、音圧差の大きいピークディップが音響特性に現れることを抑制することができる理由は、単一の振動板14を用いる場合に比べて、振動板4a～4dのそれぞれの面積が小さいため、振動板4a～4dのそれぞれがたわみにくいからである。振動板4a～4dのたわみが小さいと、振動板4a～4dに共振モードが生じて音圧差の大きいピークディップは現れにくい。さらに、振動板4a～4dのそれぞれがよりリニアに振幅可能となるようになる。その結果、従来の圧電スピーカにおいて生じていた共振運動が生じにくくなる。

【0069】図5は、本発明の実施の形態の圧電スピーカ1eの構造を示す。

【0070】圧電スピーカ1eは、図1に示される圧電素子3に代えて圧電素子3e～3iを有している。圧電素子3eは、振動板4a～4dに振動を伝達するように配置されている。圧電素子3f～3iのそれぞれは、振動板4a～4dのうち対応する1つの振動板に振動を伝達するように配置されている。

【0071】このように、圧電素子3eを低域再生を補う圧電素子として、圧電素子3f～3iを中高域再生を補う圧電素子として使用することにより、圧電スピーカ1eの構造を擬似的に2ウェイスピーカの構造とすることができる。その結果、広い周波数帯域において音圧の平坦性を向上させることができる。

【0072】なお、圧電スピーカ1eに使用されるエッ\*

\* ジ材料の内部損失は、0.15であり、かつ、エッジ材料の弾性率は $1.0 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>)である。

【0073】なお、本発明の圧電スピーカの圧電素子に100Hz以下の電圧信号を印加することにより、圧電スピーカをバイブレーション機能を有するバイブレータとして使用することもできる。このようなバイブレータは、例えば、携帯電話の振動着信機能を実現するために使用され得る。

#### 【0074】2. 圧電スピーカの音響特性

以下、樹脂発泡体で金属板を挟んだ構造を有する従来の圧電スピーカ(図22)と対比して、本発明の圧電スピーカ1a(図1)および圧電スピーカ1e(図5)の音響特性を説明する。

【0075】図6は、本発明の圧電スピーカ1a(図1)のJIS箱における音響特性を示す。図7は、本発明の圧電スピーカ1e(図5)のJIS箱における音響特性を示す。図8は、従来の圧電スピーカ(図22)のJIS箱における音響特性を示す。

【0076】なお、これらの音響特性の測定において、圧電スピーカ1a(図1)、圧電スピーカ1e(図5)、従来の圧電スピーカ(図22)に印加されている電圧は、それぞれ、2Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0077】図6と図8とを対比することにより、本発明の圧電スピーカ1a(図1)によれば、従来の圧電スピーカ(図22)に比較して、最低共振周波数が低いことが分かる。これにより、より低い周波数帯域の音を再生することが可能になる。

【0078】表1に示されるように、従来の圧電スピーカ(図22)の最低共振周波数は、300Hzであるのに対し、本発明の圧電スピーカ1a(図1)の最低共振周波数は、130Hzである。

【0079】

【表1】

	本発明の 圧電スピーカ1a(図1)	従来の 圧電スピーカ(図22)
最低共振周波数(Hz)	130	300

【0080】また、図8に示されるように、従来の圧電スピーカ(図22)では、周波数帯域が低くなるにつれて音圧が低下していることが分かる。これは、従来の圧電スピーカ(図22)の構造上、低い周波数帯域の音を再生することが困難であることを証明するものである。

【0081】図6と図7とを対比することにより、本発明の圧電スピーカ1e(図5)によれば、本発明の圧電スピーカ1a(図1)に比較して、2kHz～5kHzの周波数帯域(中域)においてディップの音圧が上昇し

ていることが分かる。これは、圧電素子3f～3iのそれぞれを振動板4a～4dのうち対応する1つに貼付することの効果である。このように、圧電スピーカ1e(図5)の構造を擬似的に2ウェイスピーカの構造とすることにより、中域においてディップが補完されている。その結果、中域における音圧の平坦性が向上している。

【0082】また、本発明の圧電スピーカ1e(図5)によれば、本発明の圧電スピーカ1a(図1)に比較し



て、100Hz～500Hzの周波数帯域（低域）において音圧が約3dB向上していることが分かる。これは、圧電素子3f～3iのそれぞれが、圧電素子3eと比較して、小さい面積の振動板を駆動することによる効果である。圧電素子3f～3iのそれぞれによって再生される音圧が合成されることにより、低域における音圧のレベルが向上している。

【0083】また、本発明の、圧電スピーカ1e（図5）によれば、本発明の圧電スピーカ1a（図1）と比較して、5～20kHzの周波数帯域（高域）において、音圧向上およびピークディップが低減していることが分かる。これは、圧電素子3f～3iのそれぞれが、高域再生を担っている為、音圧が付加されたと共に、一つの素子の共振モードで音を再生していたものに、複数の素子による共振モードが合成され、振動板全体からみて共振モードが分散したためである。

【0084】なお、本発明の圧電スピーカに含まれる圧電素子、振動板、ダンバおよびエッジは、必ずしも上述した形状や特性を有している必要はない。音響特性を制御する上で本発明の圧電スピーカのさまざまなバリエーションが考えられる。

【0085】一般に、圧電スピーカは、振動板の共振運動に基づく音響再生メカニズムを採用しているため、振動板に共振モードが生じやすい。また、金属振動板やセラミックスなど内部損失の低い素材を圧電素子の材料として用いるため、共振が生じた場合には、非常に尖鋭度の高いピークディップを生じた特性が音響特性に現れる。

【0086】このピークディップを低減させるために、以下、さまざまなパラメータの音響特性への影響を考察\*30

\*する。

【0087】3. 蝶ダンバおよびエッジの物理特性

以下、振動板を支持する支持部材である蝶ダンバおよびエッジの物理特性の変化と音響特性への影響との関係を説明する。

【0088】図9Aに示される形状の蝶ダンバ26aを有する圧電スピーカを圧電スピーカ1fと定義する。図9Bに示される形状の蝶ダンバ26bを有する圧電スピーカを圧電スピーカ1gと定義する。ここで、図9Bに示される形状の蝶ダンバの弾性は、図9Aに示される形状の蝶ダンバの弾性より高い。従って、圧電スピーカ1gは、圧電スピーカ1fと比較して、振動板4a～4dが振幅しにくい構造（すなわち、振動板4a～4dの共振モードに影響を与える構造）を有していることになる。

【0089】表2に示されるように、エッジ材料の内部損失が0.1であり、かつ、エッジ材料の弾性率が $1.7 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>)である圧電スピーカを圧電スピーカ1hと定義する。また、エッジ材料の内部損失が0.2であり、かつ、エッジ材料の弾性率が $0.7 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>)である圧電スピーカを圧電スピーカ1iと定義する。

【0090】なお、圧電スピーカ1f、1gの蝶ダンバの物理特性以外のパラメータは、圧電スピーカ1e（図5）のパラメータに等しいとする。圧電スピーカ1h、1iのエッジの物理特性以外のパラメータは、圧電スピーカ1e（図5）のパラメータに等しいとする。

【0091】

【表2】

	圧電スピーカ1h	圧電スピーカ1i
エッジ材料の内部損失	0.1	0.2
エッジ材料の弾性率	$1.7 \times 10^4$ (N/cm <sup>2</sup> )	$0.7 \times 10^4$ (N/cm <sup>2</sup> )

【0092】図10は、圧電スピーカ1hのJIS箱における音響特性を示す。図11は、圧電スピーカ1iのJIS箱における音響特性を示す。図12は、圧電スピーカ1fのJIS箱における音響特性を示す。図13は、圧電スピーカ1gのJIS箱における音響特性を示す。

【0093】なお、図10～図13において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。これらの音響特性の測定において、圧電スピーカ1f～

1iに印加されている電圧は、それぞれ、3.3Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0094】図10と図11とを対比することにより、圧電スピーカ1hよりエッジ材料の内部損失が高い圧電スピーカ1iの方が音圧の平坦性の向上および歪み率の低減に寄与していることが分かる。

【0095】図12と図13とを対比することにより、圧電スピーカ1fより蝶ダンバの弾性が高い圧電スピーカ1gの方が最低共振周波数から中域にかけてピークが



高域にシフトし、共振モードが変化していることが分かる。

【0096】このように、振動板を支持する支持部材である蝶ダンバおよびエッジの物理特性を変化させることにより、音響特性に影響を与えることが可能である。これは、支持部材の物理的特性を変化させることにより、振動板の共振モードに影響を与えるからである。

【0097】なお、単一の圧電スピーカに含まれる単数または複数の蝶ダンバが物理的特性の異なる複数の部分を有していてもよく、単一の圧電スピーカに含まれる単数または複数のエッジが物理的特性の異なる複数の部分を有していてもよい。複数の振動板の共振周波数をずらすことにより、ピークディップを低減することが可能である。

#### 【0098】4. スピーカシステムの音響特性

図14Aは、スピーカシステム140の外観を示す。スピーカシステム140は、スピーカボックス142と、スピーカボックス142に固定された圧電スピーカ1f～1iとを含む。圧電スピーカ1f～1iは、2次元的に配置されている。

【0099】上記3. で説明したように、圧電スピーカ1f～1iの振動板の支持部材（蝶ダンバまたはエッジ）の物理特性はそれぞれ異なっている。

【0100】図14Bは、スピーカシステム140における圧電スピーカ1f～1iの接続関係を示す。圧電スピーカ1f～1iのそれぞれは、+配線144と-配線146とに電気的に接続されている。これにより、圧電スピーカ1f～1iは、同時に駆動され得る。

【0101】図15は、圧電スピーカ1f～1iを同時に駆動した場合におけるスピーカシステム140のJIS箱における音響特性を示す。

【0102】なお、図15において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。この音響特性の測定において、圧電スピーカ1f～1iに印加されている電圧は3.3Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0103】図15と、図10～図13のそれぞれとを対比することにより、圧電スピーカ1f～1iを組み合わせることにより、音圧の平坦性が向上していることが分かる。これは、圧電スピーカ1f～1iがピークディップを互いに補完しあっているからである。

【0104】このように、ピークディップを互いに補完しあうように意図的に支持部材の物理特性を変化させた複数の圧電スピーカを同時に駆動することにより、音圧の平坦性に優れたスピーカシステムを実現することができる。

#### 【0105】5. 振動板の重量バランス

以下、振動板の重量バランスと音響特性への影響との関係を説明する。

【0106】上記3. で説明した圧電スピーカ1hの振

動板の代わりに図16に示されるよ振動板4a～4dを用いる圧電スピーカを圧電スピーカ1jと定義する。ここで、図16に示される振動板4a～4dの重量は、振動板4a、4b、4c、4dの重量比が1:2:3:4となるように予め設定されている。

【0107】振動板4a～4dのこのような重量バランスは、例えば、振動板4a～4dにそれぞれ異なる量の高分子樹脂を塗布することにより、振動板4a～4dの上にそれぞれ異なる厚さの高分子樹脂を形成することによって得られる。振動板4a～4dの上に形成された高分子樹脂は、その高分子樹脂のダンピング効果により音圧の平坦性を向上させるという利点を提供する。

【0108】あるいは、振動板4a～4dにそれぞれ異なる密度の高分子樹脂を塗布することにより、上述した振動板4a～4dの重量バランスを得るようにしてもよい。

【0109】なお、この高分子樹脂としては、エッジを形成するのに用いた樹脂と同じ樹脂が使用され得る。

【0110】図17は、圧電スピーカ1jのJIS箱における音響特性を示す。

【0111】なお、図17において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。この音響特性の測定において、圧電スピーカ1jに印加されている電圧は3.3Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0112】図17と図10とを対比することにより、圧電スピーカ1hより圧電スピーカ1jの方が、共振ピークの抑制と音圧の平坦性の向上とに寄与していることが分かる。これは、振動板4a～4dの重量を異ならせることにより、振動板4a～4dのそれぞれの共振モードがずれるからである。

【0113】このように、振動板の重量バランスを変化させることにより、音響特性に影響を与えることが可能である。

【0114】なお、金属振動板のハーフエッチング処理により、振動板4a、4b、4c、4dの重量比が1:2:3:4となるように振動板4a～4d自身の厚さを異ならせることによっても、上述した効果と同様の効果が得られる。振動板4a～4dのそれぞれの共振モードがずれるからである。

【0115】なお、上記3. で説明したエッジの物理特性の変化または蝶ダンバの物理特性の変化と振動板の重量バランスの変化とを組み合わせることにより、音響特性に影響を与えることも可能である。

#### 【0116】6. 圧電素子

図18は、本発明の実施の形態の圧電スピーカ1kの構造を示す。圧電スピーカ1kの振動板4a～4dの上には圧電素子180が配置されている。圧電スピーカ1kの圧電素子180以外のパラメータは、圧電スピーカ1e(図5)のパラメータに等しいとする。

【0117】圧電素子180は、図5に示される複数の

圧電素子3e~3iを部分的に結合させた形状を有している。これにより、圧電スピーカ1e(図5)に比較して、配線により圧電素子3e~3iを電氣的に接続する工程を省略することができる。

【0118】なお、図18には示されていないが、振動板4a~4dの裏面には、圧電スピーカ1e(図5)と同様に、口径φ24mmの圧電素子が貼付されている。

【0119】図19は、圧電スピーカ1kのJIS箱における音響特性を示す。

【0120】なお、図19において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。この音響特性の測定において、圧電スピーカ1kに印加されている電圧は3.3Vであるとする。

【0121】図19に示されるように、圧電スピーカ1kによれば、より低い周波数帯域の音を再生することが可能になる。

【0122】圧電スピーカ1kの振動板の形状を図21に示される振動板24の形状としたものを圧電スピーカ1mと定義する。ただし、バイモルフとして振動板の裏面に配置される圧電素子の口径φは32mmとした。その圧電素子は、振動板の中央でなく、振動板の中央からダンバにかかる直前まで下方にシフトした位置に配置される。これにより、共振モードが変化する。

【0123】ここで、圧電スピーカ1mに使用されるエッジ材料は、圧電スピーカ1e(図5)に使用されるエッジ材料と同一である。すなわち、エッジ材料の内部損失が0.15であり、エッジ材料の弾性率が $1.0 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>)である。

【0124】図23は、圧電スピーカ1mのJIS箱における音響特性を示す。

【0125】なお、図23において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。この音響特性の測定において、圧電スピーカ1mに印加されている電圧は7.0Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0126】圧電スピーカ1mでは、圧電素子は振動板の中心からずらして配置される。これにより、共振モードが変化する。その結果、図23に示されるように、上述した圧電スピーカ1a~1kにおいて1kHz~2kHzという周波数帯域に生じていたピークディップを低減することが可能になる。

【0127】圧電スピーカ1mの振動板に、内部損失が0.4であり、かつ、弾性率が $0.5 \times 10^4$  (N/cm<sup>2</sup>)のゴム系高分子樹脂を塗布したものを圧電スピーカ1nと定義する。

【0128】図24は、圧電スピーカ1nのJIS箱における音響特性を示す。

【0129】なお、図24において、(A)は音圧周波数特性を示し、(B)は2次歪み特性を示す。この音響特性の測定において、圧電スピーカ1nに印加されている電圧は7.0Vであり、測定距離は0.5mとする。

【0130】図24に示されるように、圧電スピーカ1nによれば、高い内部損失を有する材料を振動板に塗布することにより、歪みを効果的に低減することができ、音圧の平坦性を向上させることができる。

【0131】7. エッジを形成するために使用される高分子樹脂の接着性

エッチング加工または打ち抜き加工によって所定の形状に加工された金属振動板の表面に、70Wの低圧紫外線ランプを用いて距離2.0cmで60秒間、紫外線UVを照射した。ここで利用される紫外線UVは、低圧水銀ランプを光源として発生するものであり、放射される紫外線UVのうち80%の紫外線UVの波長が253.7nmであり、6%の紫外線UVの波長が184.9nmであった。

【0132】照射した紫外線UVのエネルギーにより、金属振動板の表面の洗浄(不純物の分解)が行われる。また、紫外線UVのエネルギーで生成されたオゾンの分解物である活性酸素によって、金属振動板の表面に、-OHや-COOHなどの親水性をもった官能基を付与することができる。その結果、金属振動板に極性を与えることができる。この効果により、エッジを形成するために使用される高分子樹脂に対する金属振動板の濡れ性を向上することができ、高分子樹脂と金属振動板との接着性を向上させることができる。

【0133】金属振動板の表面に、プラズマ照射や、コロナ照射などを行った場合にも、上述した理由と同様の理由により、金属振動板の改質が行われる。これにより、高分子樹脂と金属振動板との接着性を向上させることができる。

【0134】なお、ここで用いた圧電材料は100℃の環境で脱分極が起きるため、熱融着が必要な樹脂を用いた場合には、より低温での振動板と高分子樹脂材料との密着性が要求される。

【0135】8. 圧電スピーカの製造方法

以下、本発明の圧電スピーカの製造方法を代表して、圧電スピーカ1e(図5)の製造方法を説明する。他の圧電スピーカ1a~1d、1f~1jの製造方法も同様である。圧電スピーカ1e(図5)の製造方法は、板を加工する工程と、圧電素子を配置する工程と、エッジを形成する工程と、配線を形成する工程とを含む。

【0136】以下、図20A~図20Nを参照して、各工程を詳細に説明する。

【0137】8.1 板を加工する工程

この工程では、板を加工することにより、アウタフレーム2aとインナフレーム2bと振動板4a~4dとダンバ5a~5h、6a~6dとが形成される。

【0138】ダンバ5a、5bは、振動板4aを支持し、かつ、振動板4aがリニアに振幅可能となるように形成される。同様に、ダンバ5c、5dは、振動板4bを支持し、かつ、振動板4bがリニアに振幅可能となる

ように形成され、ダンバ5 e、5 fは、振動板4 cを支持し、かつ、振動板4 cがリニアに振幅可能となるように形成され、ダンバ5 g、5 hは、振動板4 dを支持し、かつ、振動板4 dがリニアに振幅可能となるように形成される。

【0139】例えば、金属板200をエッチング加工または打ち抜き加工することにより、上述した各部材を形成することができる。金属板200としては、例えば、厚さ100 $\mu$ mの42アロイ金属板を使用することができる。なお、金属板200の代わりに、導電性プラスチック、あるいは、所定の場所に電極が形成されたプラスチック板を用いてもよい。

【0140】図20Aは、加工前の金属板200を示す。図20Bは、加工後の金属板200を示す。なお、図20Bにおいて、参照番号10aは振動板4a~4dとインナフレーム2bとの間の空隙を示し、参照番号10bはインナフレーム2bとアウトフレーム2aとの間の空隙を示す。

【0141】なお、図21に示されるように、後の工程において圧電素子3eが配置されることになる位置（図21において破線で示される）に対応する位置の打ち抜きを省略してもよい。

#### 【0142】8. 2 圧電素子を配置する工程

この工程では、2種類の圧電素子が使用される。

【0143】圧電素子3eは、厚さ50 $\mu$ m、口径 $\phi$ 24mmのPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）圧電素子である。圧電素子3eの両面には、導電ペーストにより電極が形成されている。

【0144】圧電素子3f~3iのそれぞれは、口径 $\phi$ 10mmのPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）圧電素子である。圧電素子3f~3iのそれぞれの両面には、導電ペーストにより電極が形成されている。

【0145】圧電素子3eは、図20Cに示される

(X)の位置に、例えば、アクリル系接着剤を用いて、貼付される。圧電素子3eは、バイモルフ構造を形成するように金属板の両面に（すなわち、振動板4a~4dを挟むように）形成される。このようにして、圧電素子3eは、振動板4a~4dに振動を伝達するように配置される。

【0146】圧電素子3f~3iのそれぞれは、図20Cに示される(Y)の位置に、例えば、アクリル系接着剤を用いて、貼付される。圧電素子3f~3iのそれぞれは、モノモルフ構造を形成するように金属板の片側に（すなわち、振動板4a~4dの上面のみに）形成される。このようにして、圧電素子3f~3iのそれぞれは、振動板4a~4dのうち対応する1つの振動板に振動を伝達するように配置される。

【0147】なお、圧電素子3eの極性と、圧電素子3f~3iのそれぞれの極性とは、振動板4a~4dの上面から見て同一の極性となるように、圧電素子3e、圧

電素子3f~3iが配置される。

#### 【0148】8. 3 エッジを形成する工程

この工程では、振動板4a~4dとインナフレーム2bとの間の空隙10aにエッジ7aが形成され、インナフレーム2bとアウトフレーム2aとの間の空隙10bにエッジ7bが形成される（図20D）。エッジ7a、7bは、空隙10a、10bから空気が漏れることを防止するという機能とともに、振動板4a~4dを支持するという機能を有するように形成される。

【0149】エッジ7a、7bは、例えば、スチレン-ブタジエン系ゴム（SBR）の高分子樹脂の溶液を空隙10a、10bにスキージを用いて充填し、その高分子樹脂の溶液の表面張力（毛細管現象）を利用してその高分子樹脂の溶液を空隙10a、10bに保持させた状態で、30分常温乾燥硬化させ、その後50℃の恒温槽に1時間放置することによりさらに乾燥硬化させることによって形成され得る。

【0150】例えば、SBRゴムの配合率を変えることにより、物理特性（内部損失および弾性率）が異なるエッジを形成することが可能である。

【0151】高分子樹脂の溶液として、圧電素子が脱分極しない温度範囲（100℃~常温）において硬化するものを使用する場合には、乾燥を行うことにより、エッジ形成工程の迅速化を図ることができる。また、高分子樹脂の溶液の種類によっては架橋反応を行うことにより、エッジ形成工程の迅速化を図ることができる。

【0152】なお、工程を簡素化することを目的として、ディッピング法またはスピンコート法を用いて高分子樹脂の溶液を空隙10a、10bに塗布してもよい。この場合、マスクを用いて圧電素子の電極が高分子樹脂によって完全に覆われることを防止する必要がある。圧電素子の電極が高分子樹脂によって完全に覆われてしまうと電極が絶縁されてしまうからである。

【0153】なお、上記1.で説明したように、振動板4a~4dの裏面に高分子樹脂を含浸させたシートを貼付することによってもエッジ7a、7bを形成することができる。

#### 【0154】8. 4 配線を形成する工程

例えば、スクリーン印刷法を用いて絶縁樹脂を塗布し、常温で30分乾燥させた後、50℃の恒温槽で1時間乾燥させることにより、圧電素子3e~3iと金属振動板4a~4dとがショートすることを防止する絶縁被膜28が形成される（図20E）。

【0155】ここで、絶縁樹脂としては、エッジ7a、7bを形成するのに使用した樹脂と同一の樹脂を使用することができる。

【0156】絶縁被膜28の主目的は、圧電素子3e~3iと金属振動板4a~4dとを絶縁することである。従って、絶縁被膜28は、ピンホールが無く、絶縁性に十分に耐える被膜であれば足り、絶縁被膜28の形状や



塗布量が特定の形状もしくは特定の量である必要はない。ただし、絶縁被膜28の素材としては、内部損失が高く、かつ、柔軟性を有する素材が望ましい。

【0157】次に、例えば、スクリーン印刷法を用いて導電ペーストを塗布することにより、圧電素子3eと圧電素子3f～3iのそれぞれとを電氣的に接続する配線29が形成される(図20F)。

【0158】同様にして、振動板4a～4dの表面の所定の位置に絶縁被膜38aが形成され(図20G)、振動板4a～4dの裏面の所定の位置に絶縁被膜38bが形成される(図20H)。絶縁被膜38aの上に配線49aが形成され(図20I)、絶縁被膜38bの上に配線49bが形成される(図20J)。

【0159】その後、外部端子51が、配線49aと配線49bとを挟み込むように挿入される(図20K)。図20Lは、図20Kに示されるL-L'線に沿った断面を示す。

【0160】ここで、絶縁樹脂の塗布は、マスク68a(図20M)、マスク68b(図20N)を用いてエッジ7a、7bを形成する際に同時に行ってもよい。

【0161】ここで用いた導電ペーストは、溶剤揮発型のものであり、圧電素子が脱分極する温度以下で導電性能が得られるタイプのものである。

【0162】

【発明の効果】本発明の圧電スピーカによれば、振動板がリニアに振幅可能となるように振動板が支持されており、振動板とフレームとの間の空隙から空気が漏れることを防止し、振動板の振幅をより平坦に保つための支持部材としてエッジが形成されている。これにより、従来の圧電スピーカに比較して、より低い周波数帯域の音を再生することが可能になる。

【0163】また、本発明の他の圧電スピーカによれば、複数の振動板のそれぞれがリニアに振幅可能となるように複数の振動板が支持されている。これにより、面形状による共振運動が複数の振動板に分散される。その結果、音圧差の大きいピークディップが音響特性に現れることが防止される。

【0164】本発明の圧電スピーカの製造方法によれば、上述した構造を有する圧電スピーカを提供することが可能になる。

【0165】また、上述した構造を有する複数の圧電スピーカを組み合わせることにより、音圧レベルが十分に平坦なスピーカシステムを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1aの構造を示す平面図である。

【図2A】振動板4a～4dにシート8を貼付することによってエッジ7a、7bを形成する例を説明するための図である。

【図2B】振動板4a～4dとインナフレーム2bとの

空隙を樹脂で埋めることによってエッジ7aを形成する例を説明するための図である。

【図3A】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1bの構造を示す平面図である。

【図3B】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1cの構造を示す平面図である。

【図4】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1dの構造を示す平面図である。

【図5】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1eの構造を示す平面図である。

【図6】圧電スピーカ1a(図1)のJIS箱における音響特性を示す図である。

【図7】圧電スピーカ1e(図5)のJIS箱における音響特性を示す図である。

【図8】従来の圧電スピーカ(図22)のJIS箱における音響特性を示す図である。

【図9A】圧電スピーカ1fにおいて使用される蝶ダンバの形状を示す図である。

【図9B】圧電スピーカ1gにおいて使用される蝶ダンバの形状を示す図である。

【図10】圧電スピーカ1hのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図11】圧電スピーカ1iのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図12】圧電スピーカ1fのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図13】圧電スピーカ1gのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図14A】スピーカシステム140の外観を示す図である。

【図14B】スピーカシステム140における圧電スピーカ1f～1iの接続関係を示す図である。

【図15】スピーカシステム140のJIS箱における音響特性を示す図である。

【図16】圧電スピーカ1jにおいて使用される振動板4a～4dを示す図である。

【図17】圧電スピーカ1jのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図18】本発明の実施の形態の圧電スピーカ1kの構造を示す平面図である。

【図19】圧電スピーカ1kのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図20A】加工前の金属板200の形状を示す図である。

【図20B】加工後の金属板200の形状を示す図である。

【図20C】圧電素子3e～3iを配置した状態を示す図である。

【図20D】エッジ7a、7bを形成した状態を示す図である。



21

【図20E】絶縁被膜28を形成した状態を示す図である。

【図20F】配線29を形成した状態を示す図である。

【図20G】絶縁被膜38aを形成した状態を示す図である。

【図20H】絶縁被膜38aを形成した状態を示す図である。

【図20I】配線49aを形成した状態を示す図である。

【図20J】配線49bを形成した状態を示す図である。

【図20K】外部端子51を挿入した状態を示す図である。

【図20L】図20Kに示されるL-L'線に沿った断面を示す図である。

【図20M】マスク68aの形状を示す図である。

【図20N】マスク68bの形状を示す図である。

【図21】加工後の金属板200の形状を示す図である。

【図22】従来の圧電スピーカ220の構造を示す図である。

22

\*【図23】圧電スピーカ1mのJIS箱における音響特性を示す図である。

【図24】圧電スピーカ1nのJIS箱における音響特性を示す図である。

【符号の説明】

1a~1k、1m~1n 圧電スピーカ

2a アウタフレーム

2b インナフレーム

3、3a~3i 圧電素子

10 4a~4d 振動板

5a~5h ダンバ

6a~6d ダンバ

7a、7b エッジ

8 シート

9 高分子樹脂

12 フレーム

13 圧電素子

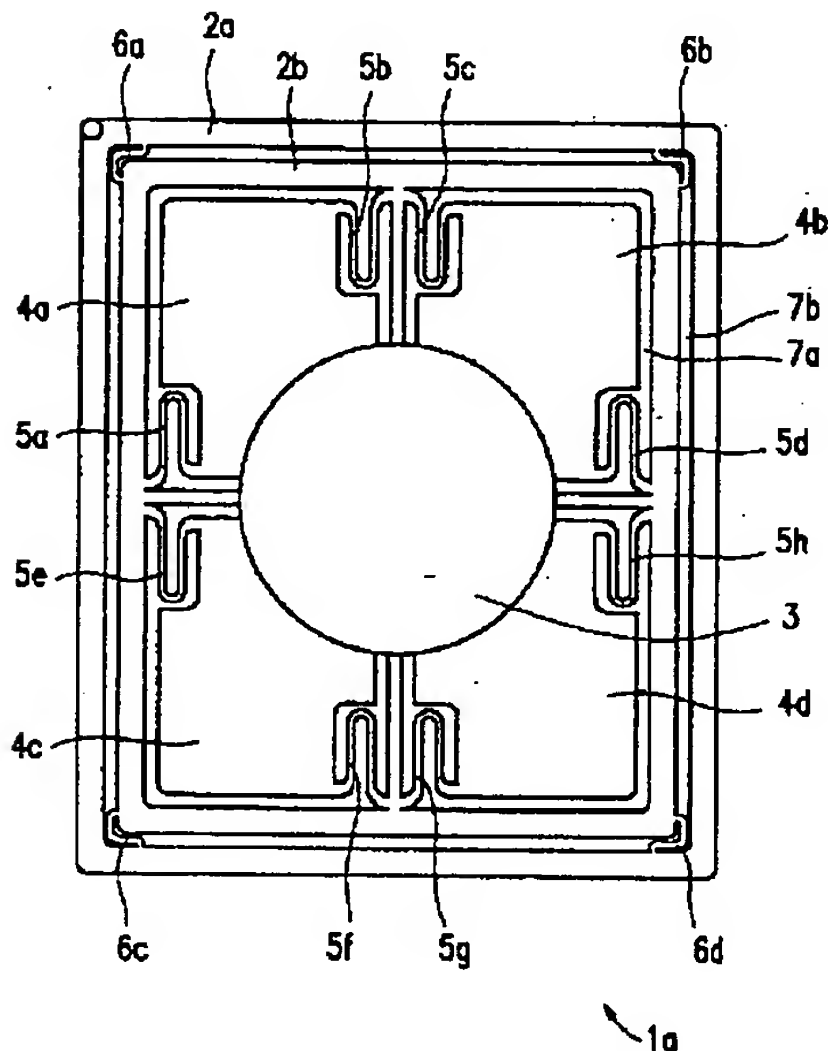
14 振動板

16a~16d ダンバ

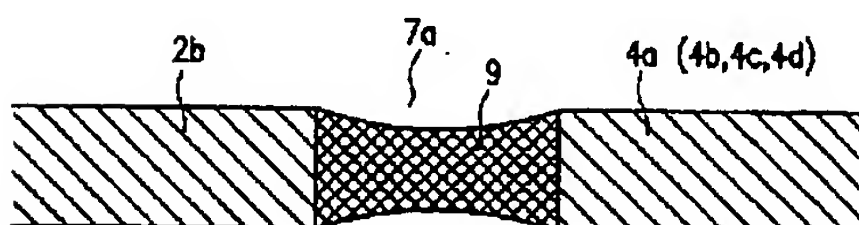
20 17 エッジ

\* 140 スピーカシステム

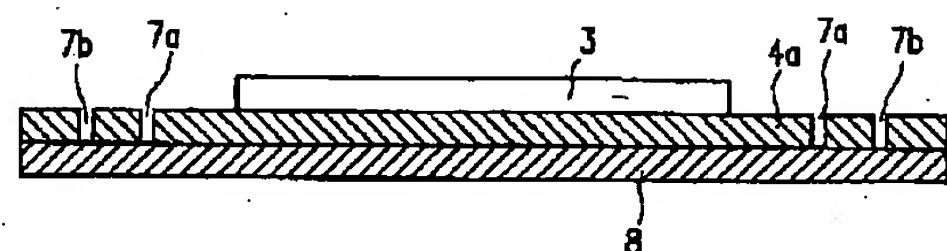
【図1】



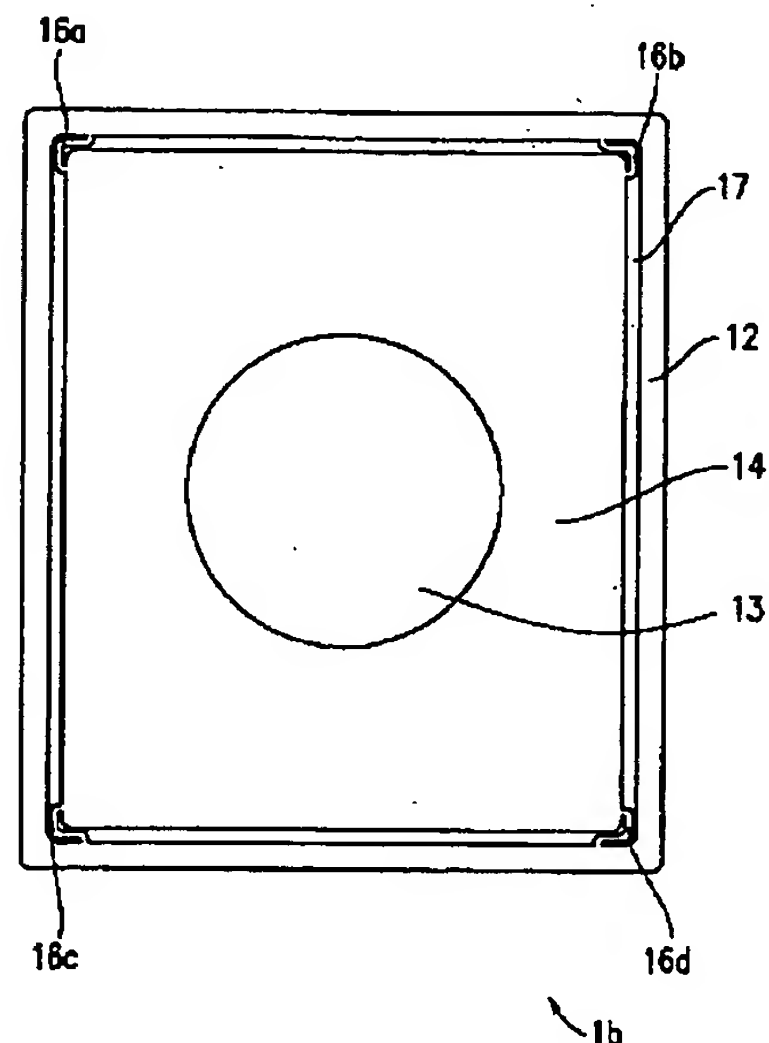
【図2B】



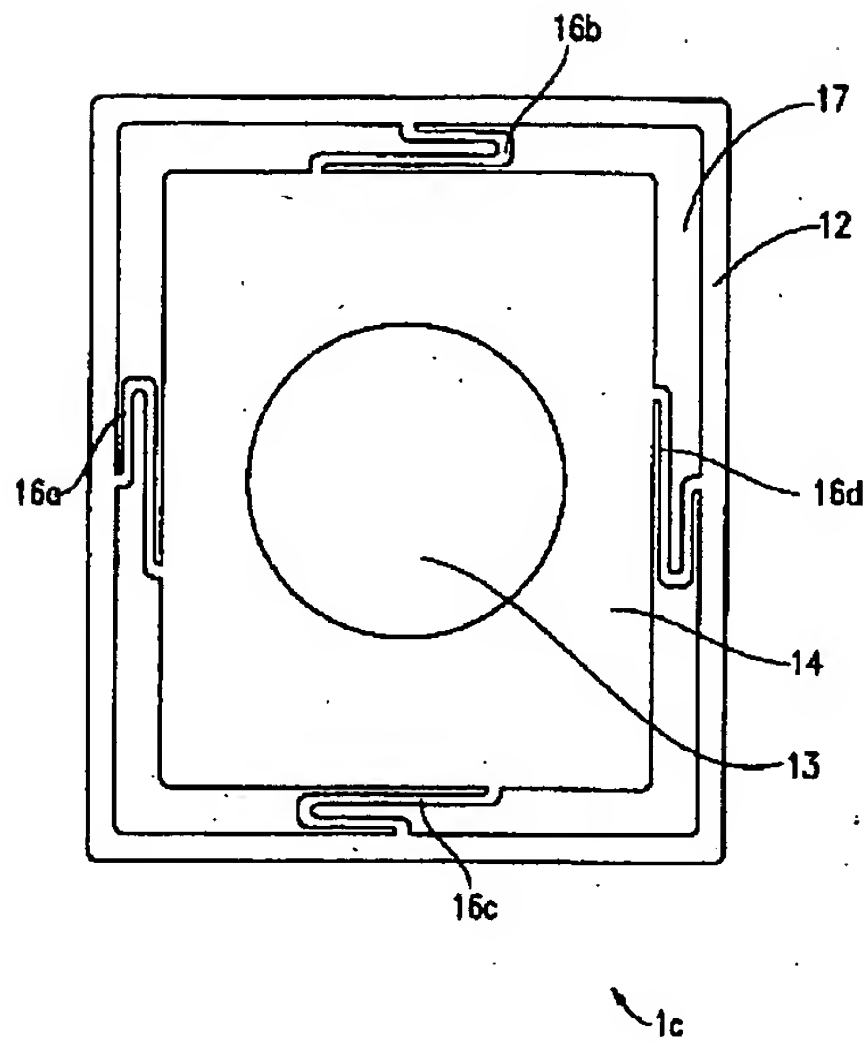
【図2A】



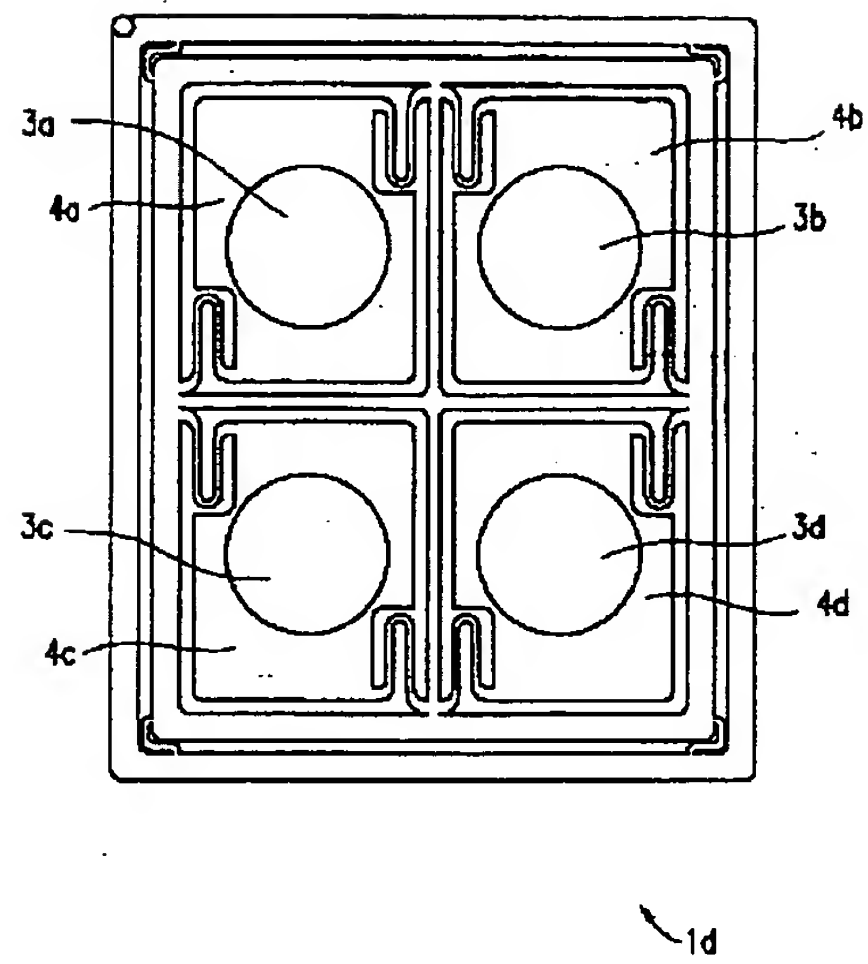
【図3A】



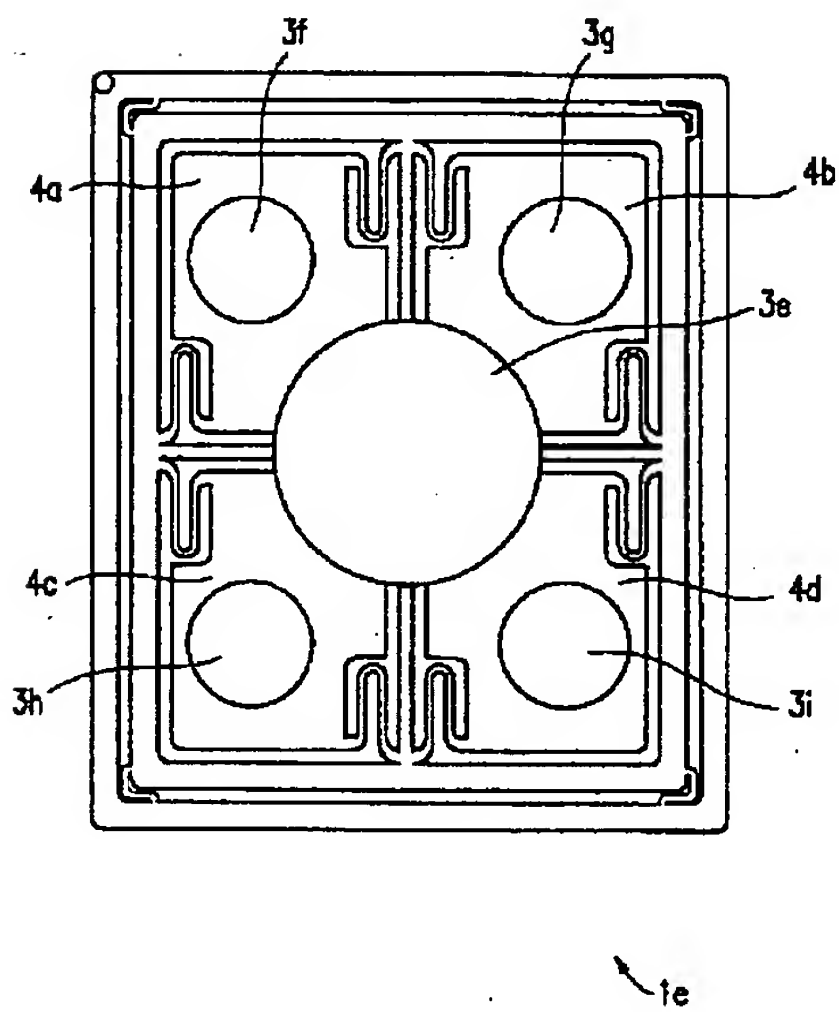
【図3B】



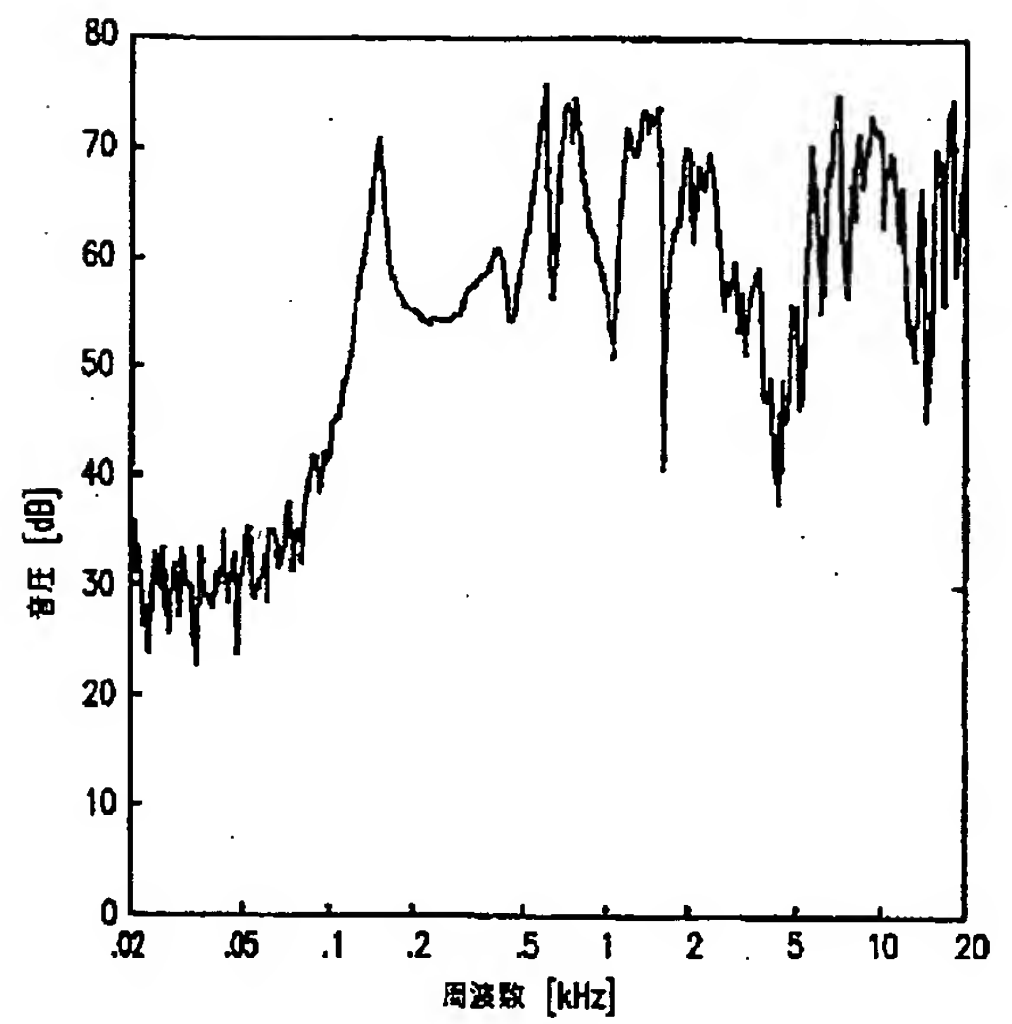
【図4】



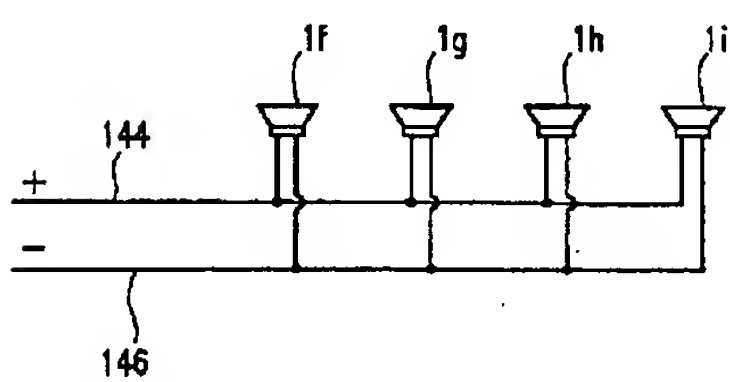
【図5】



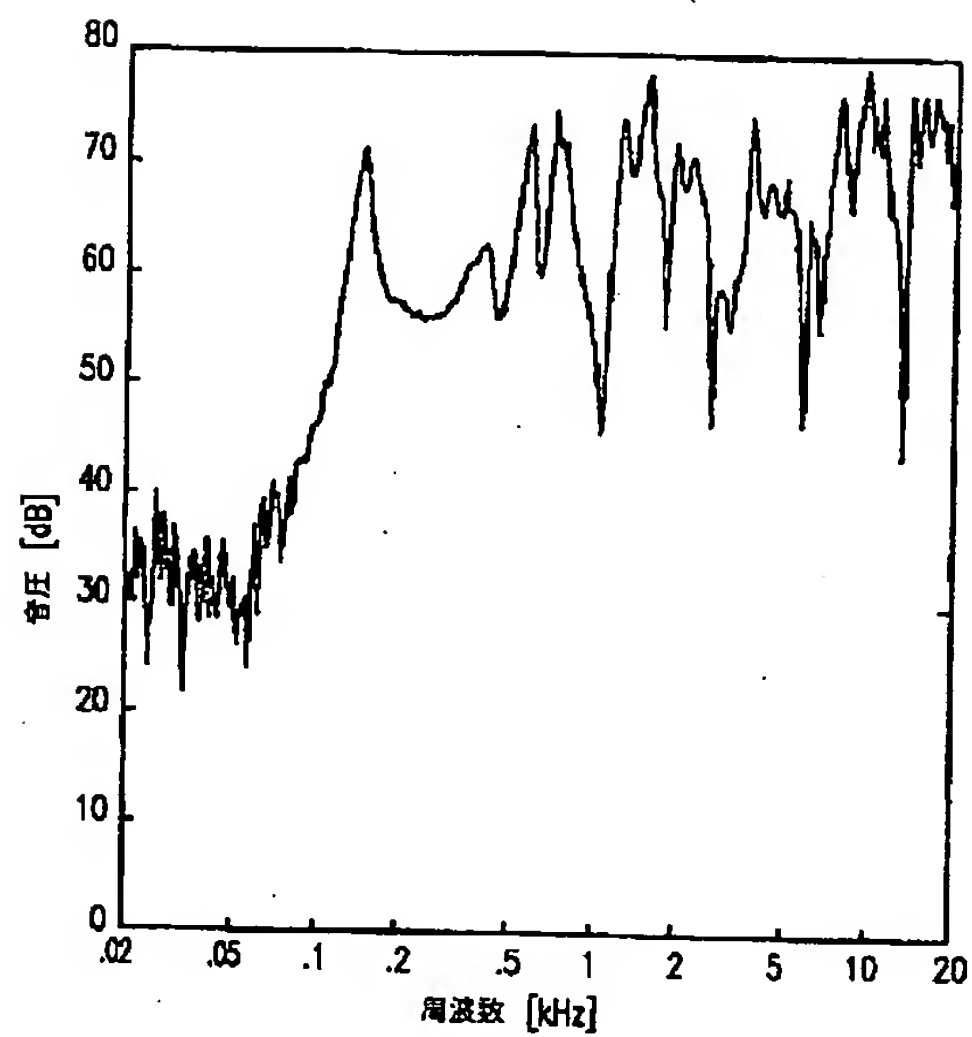
【図6】



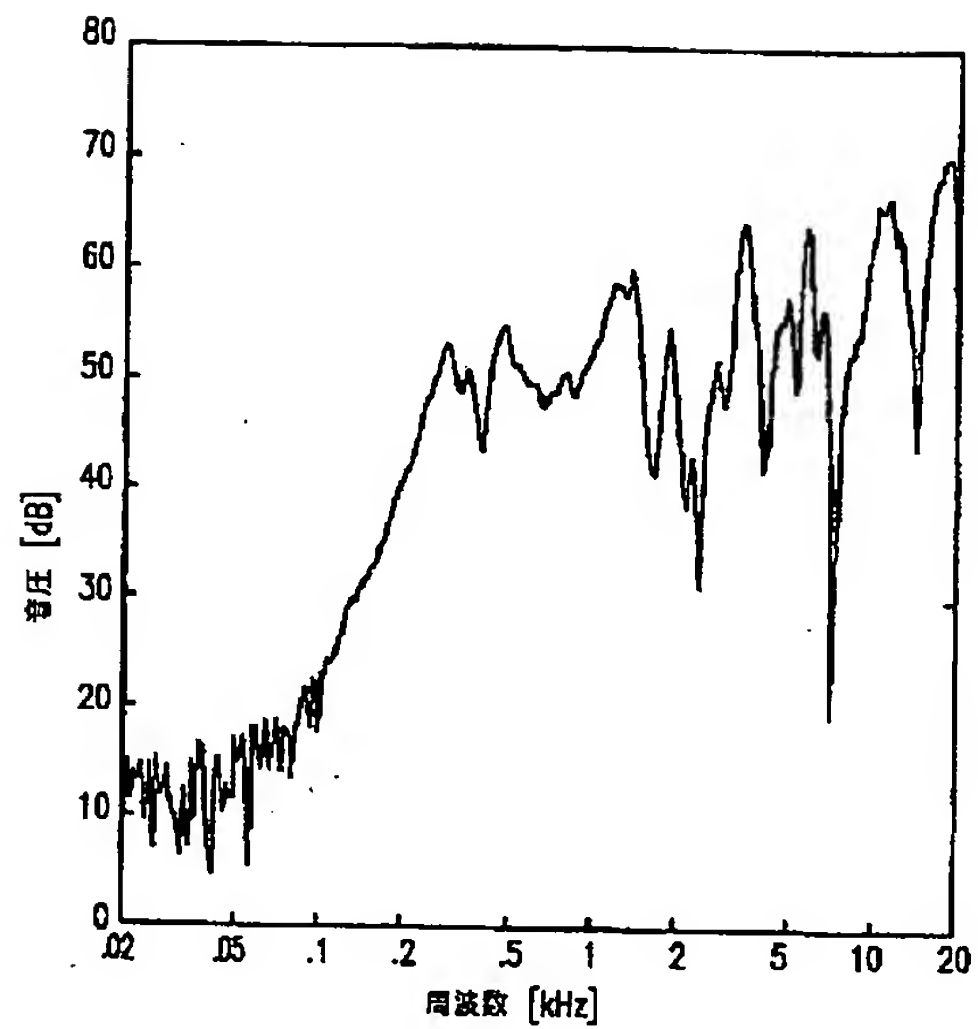
【図14B】



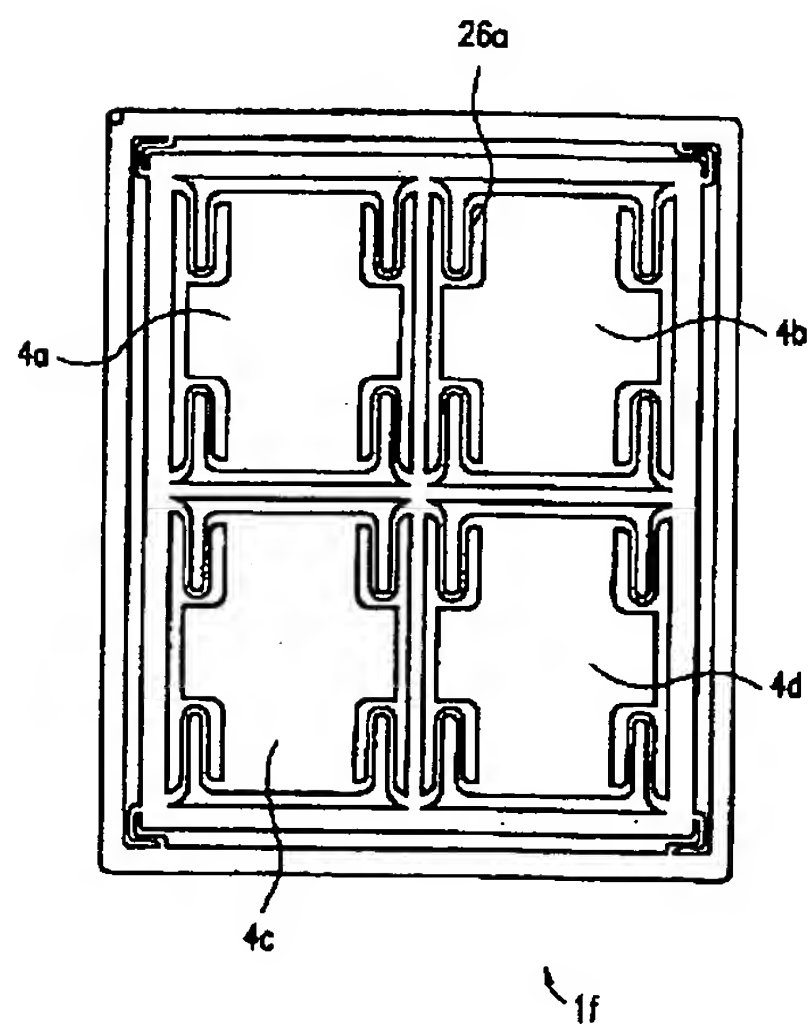
【図7】



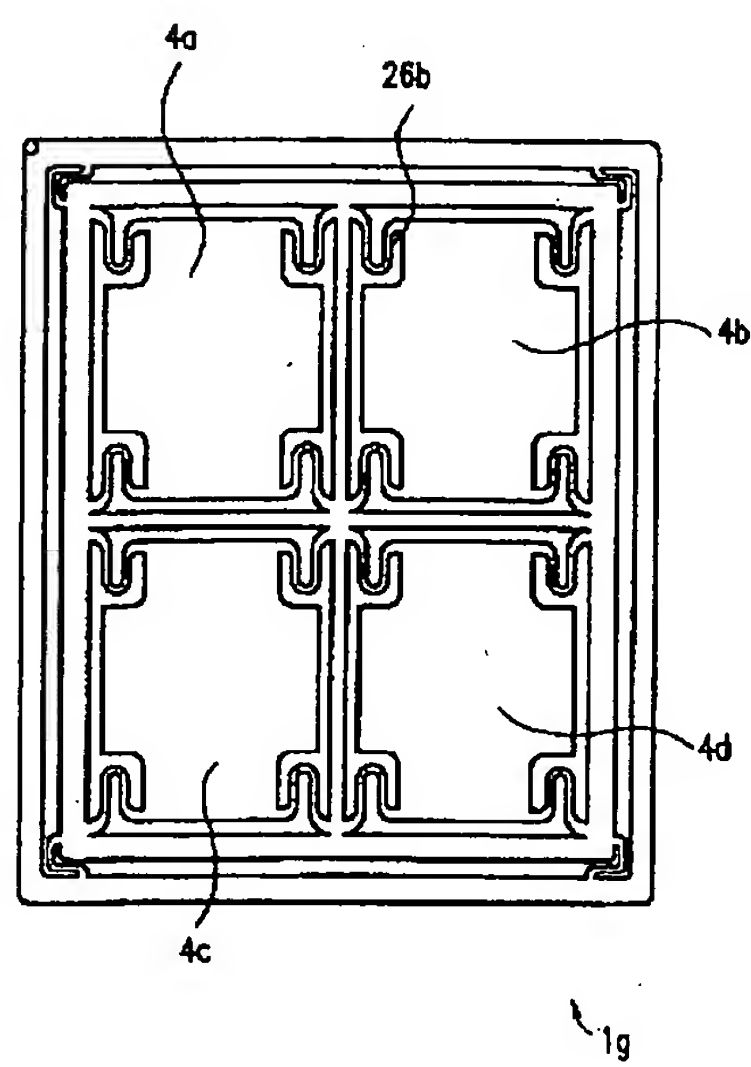
【図8】



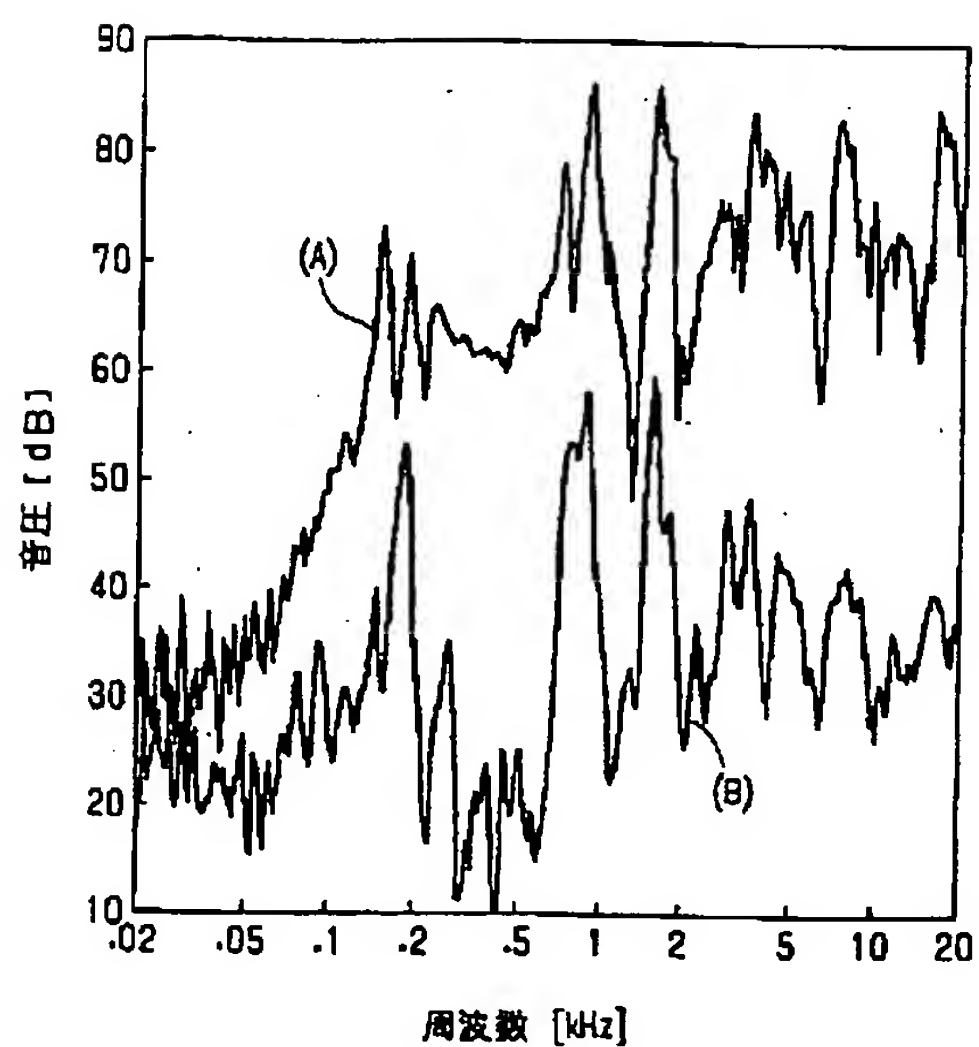
【図9A】



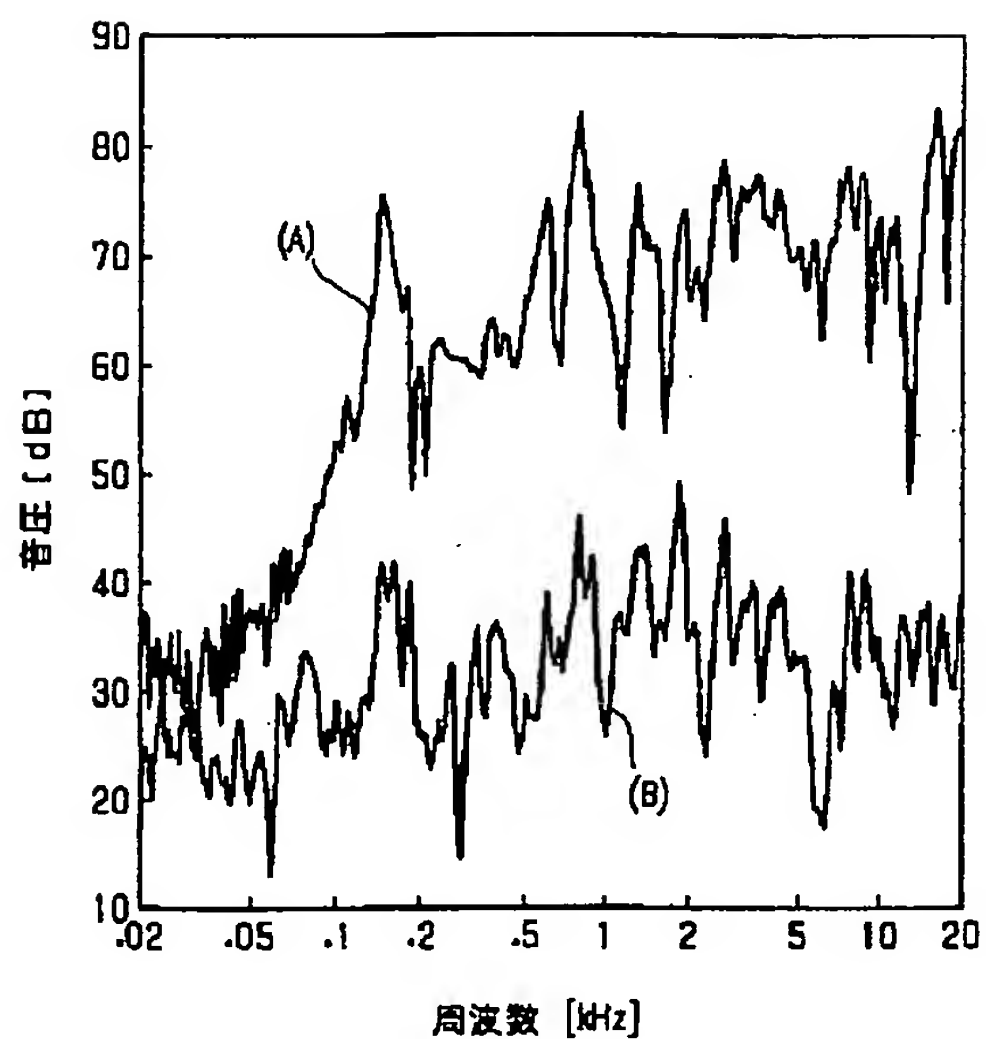
【図9B】



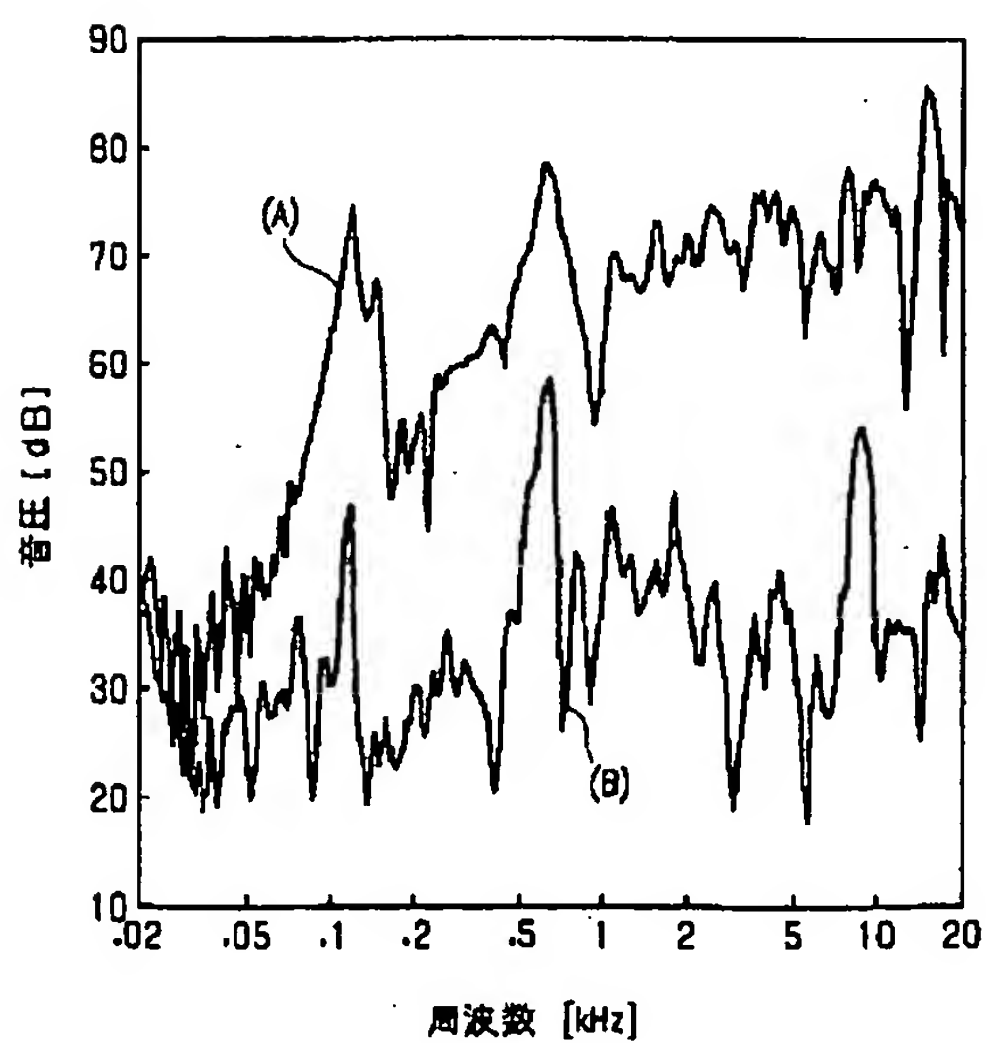
【図10】



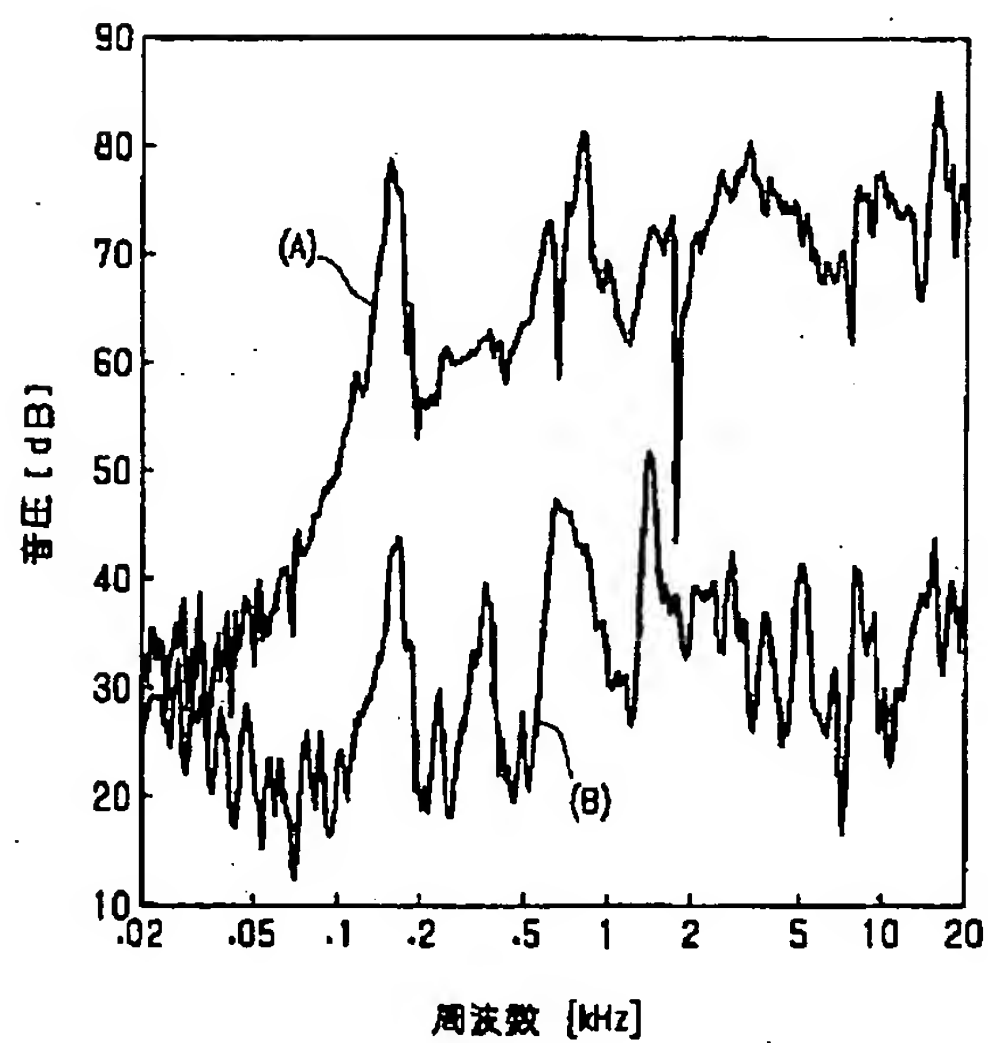
【図11】



【図12】

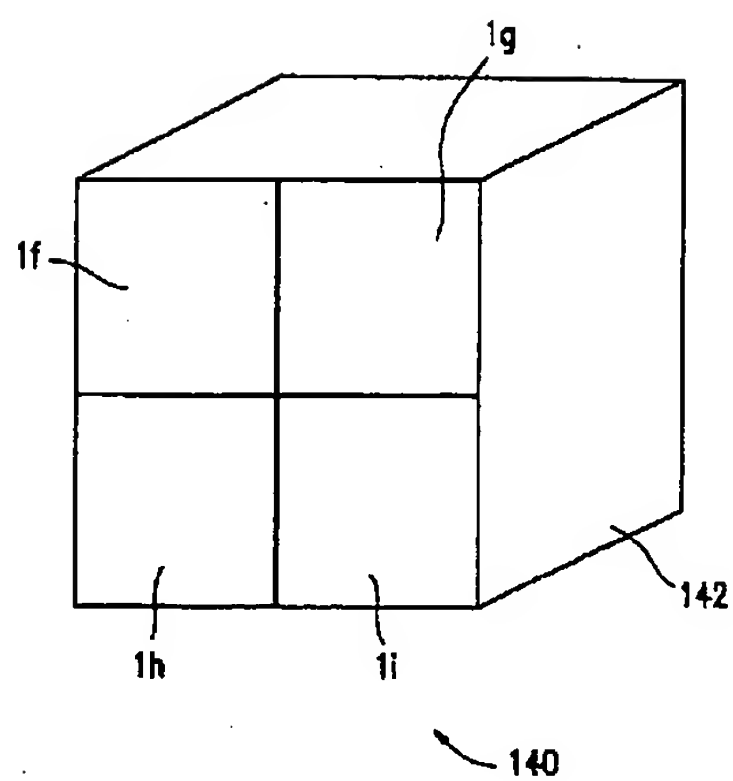


【図13】

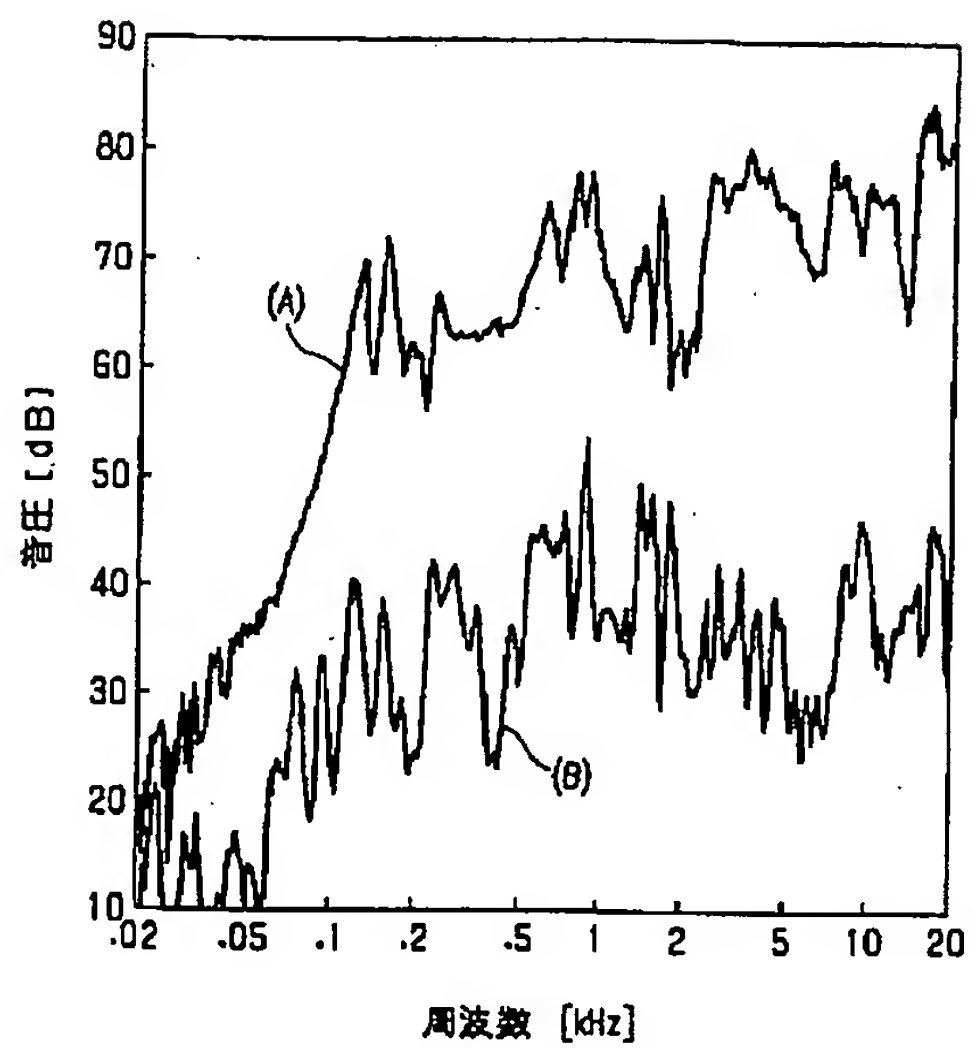




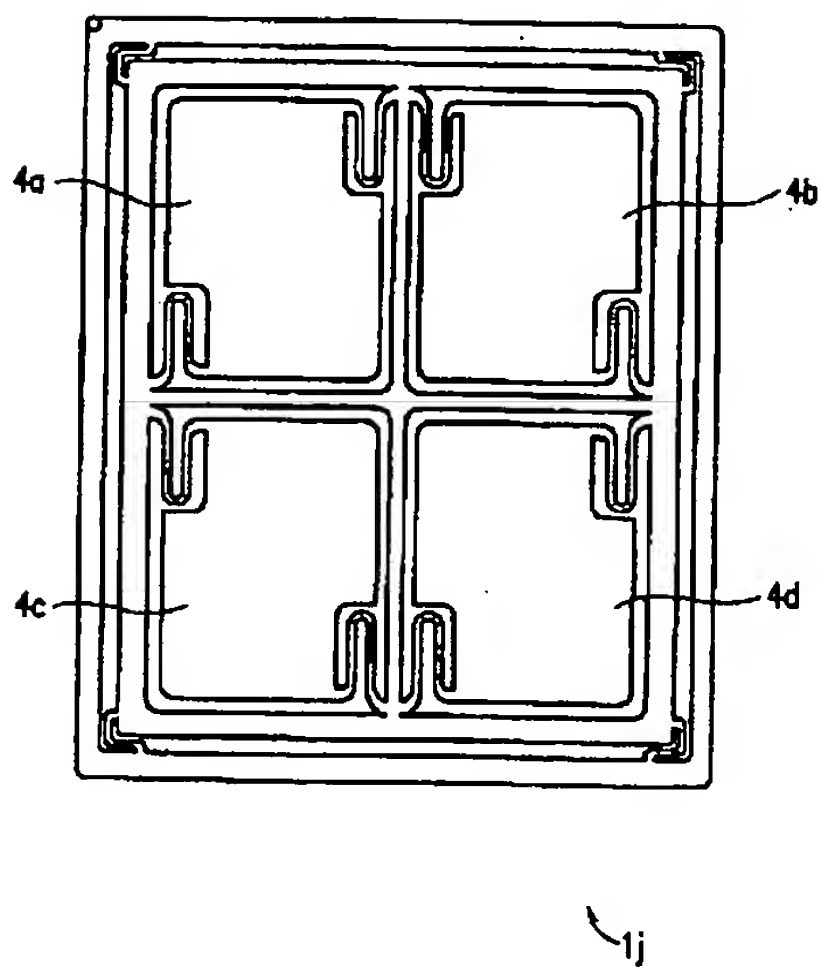
【図14A】



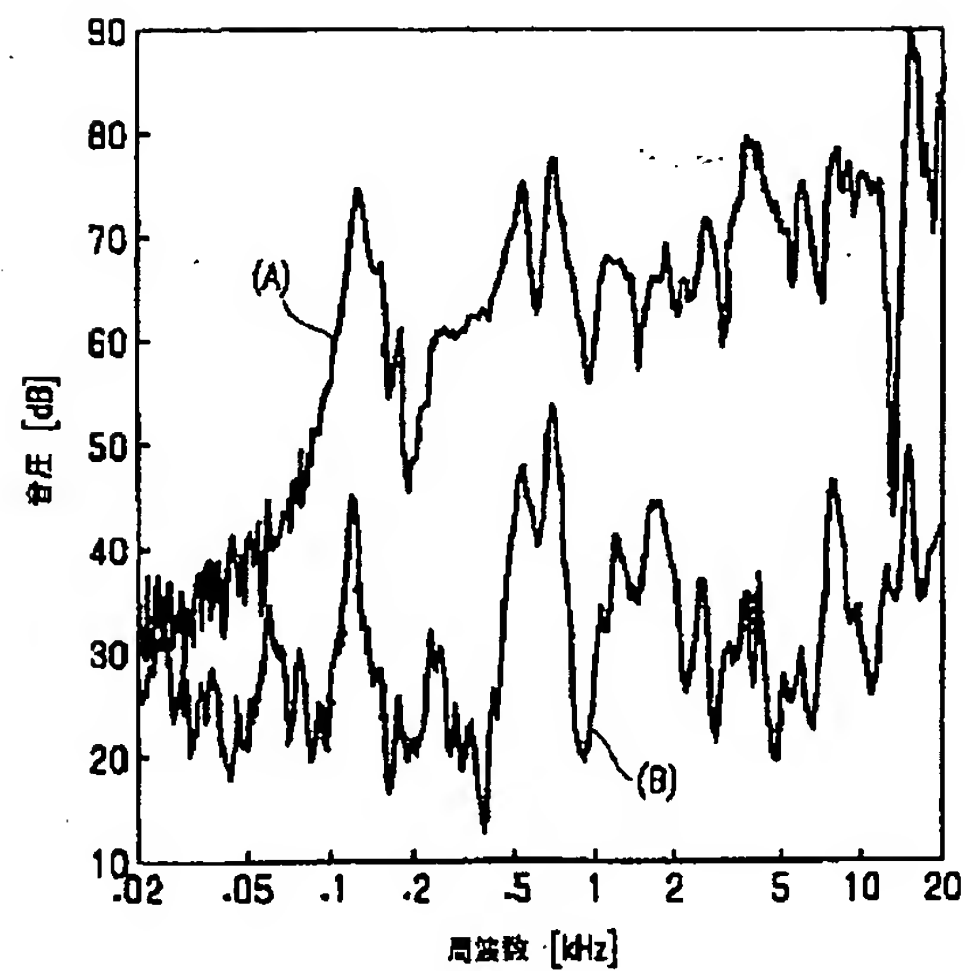
【図15】



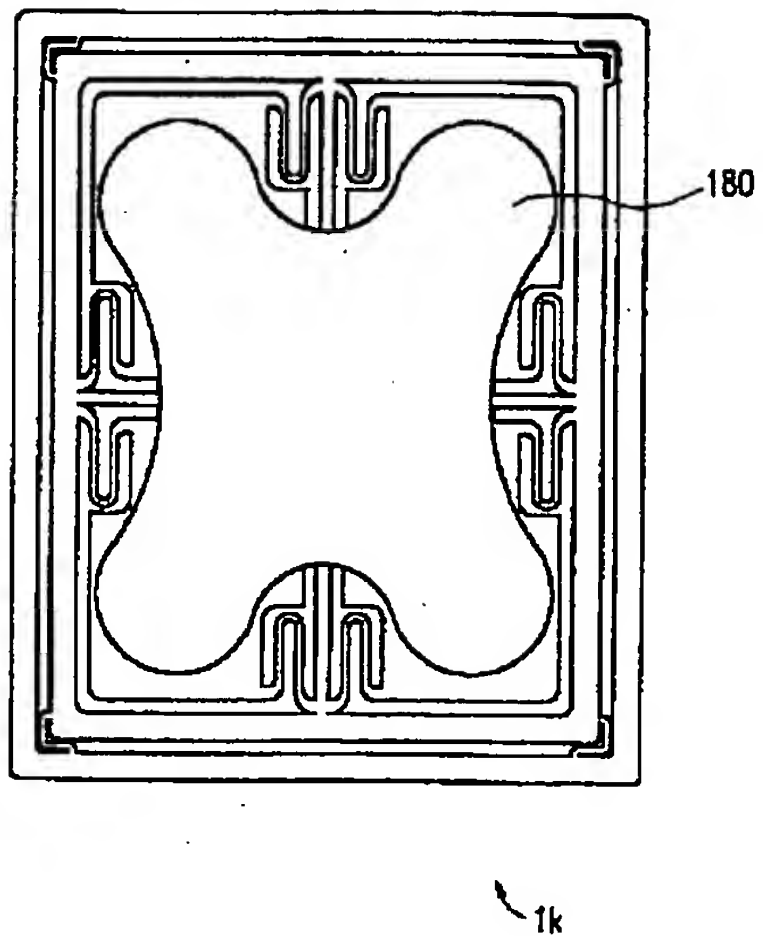
【図16】



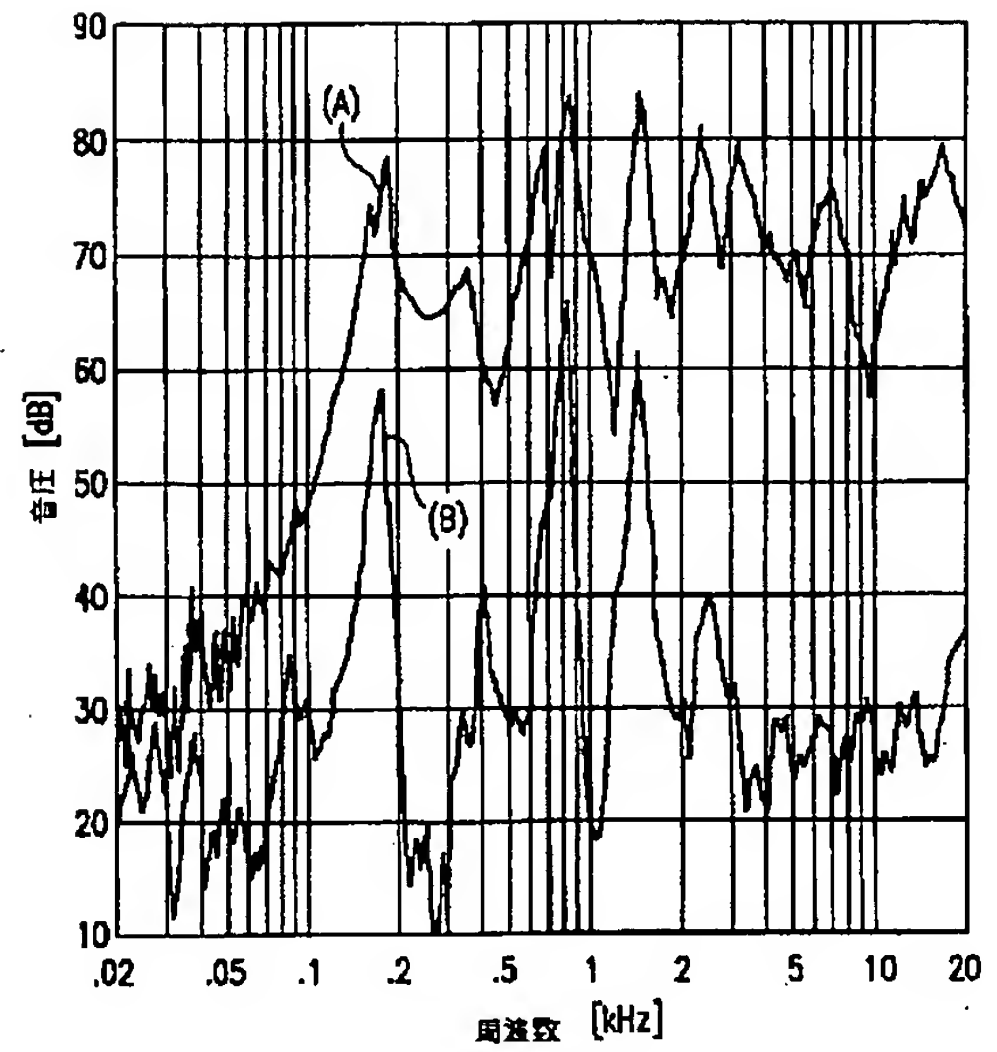
【図17】



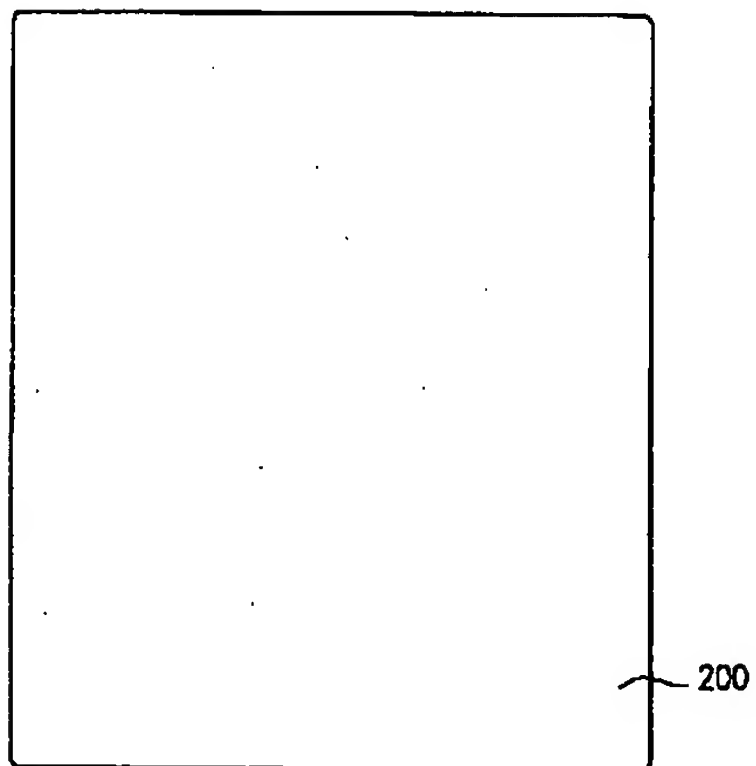
【図18】



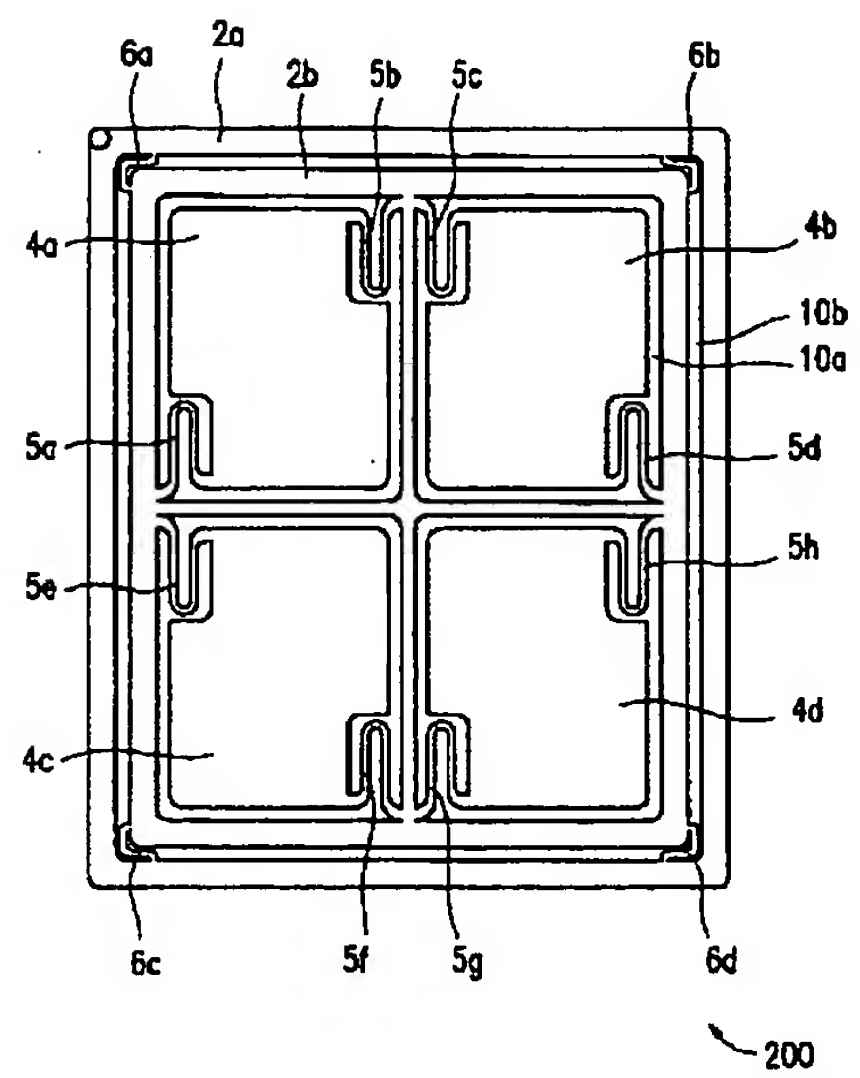
【図19】



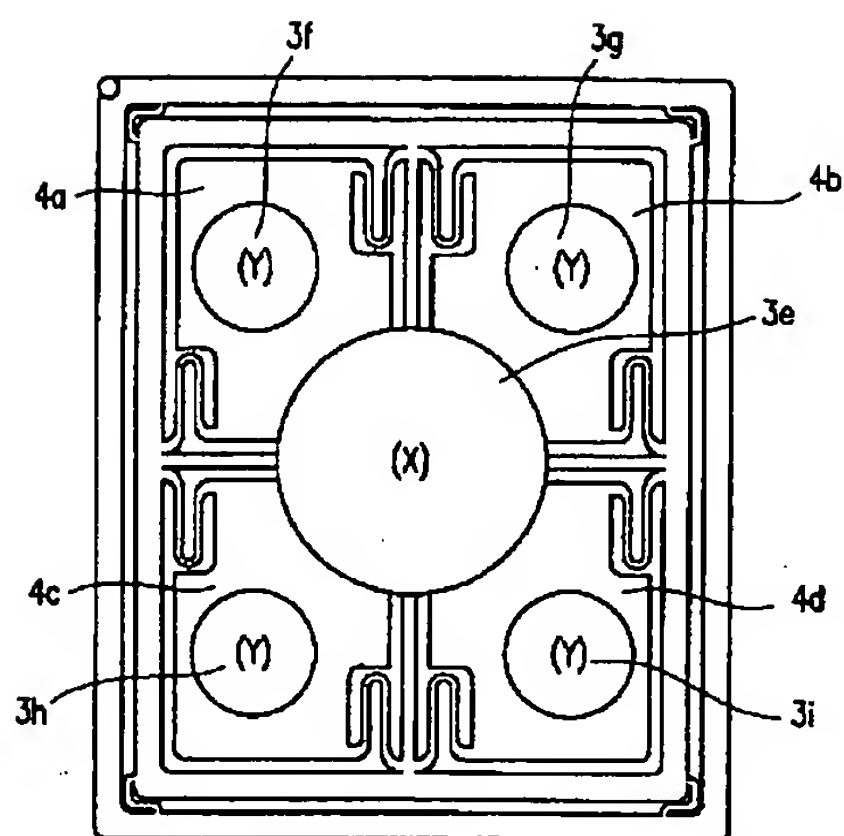
【図20A】



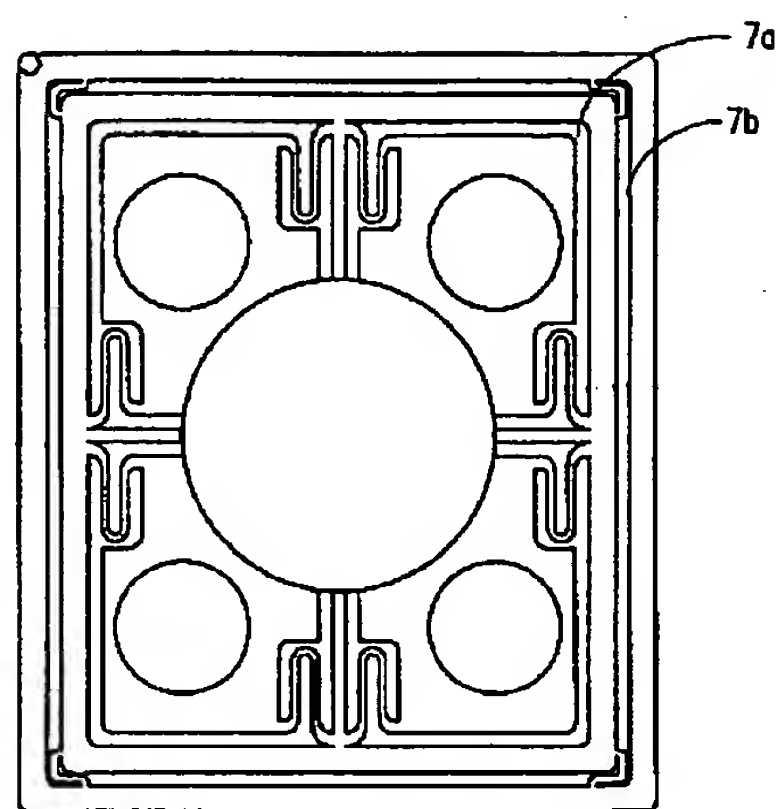
【図20B】



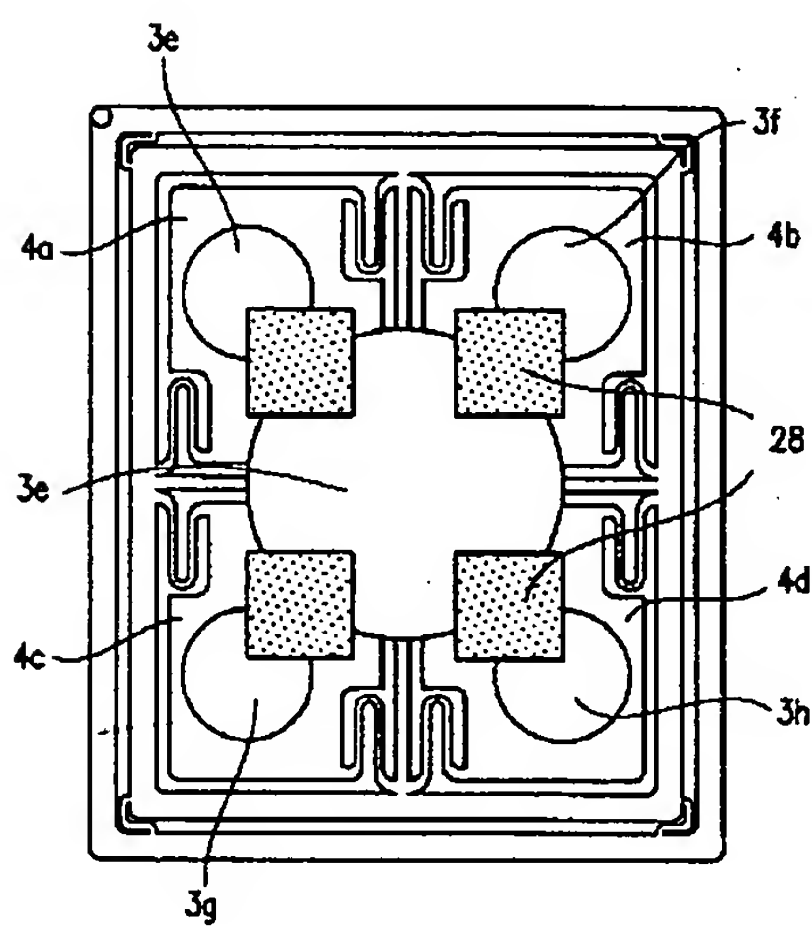
【図20C】



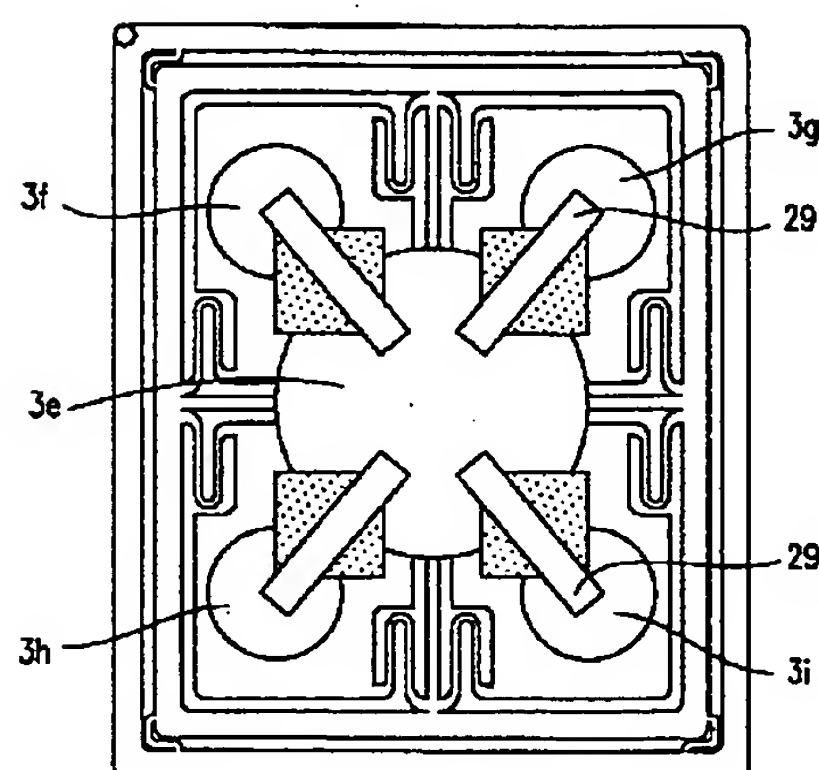
【図20D】



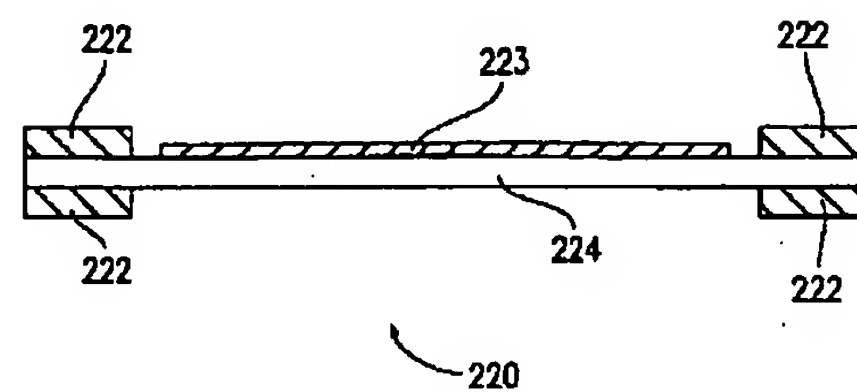
【図20E】



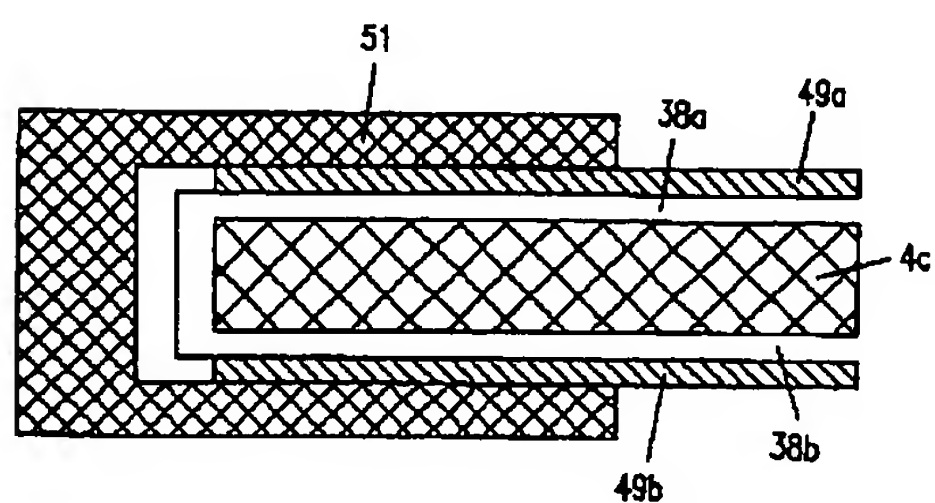
【図20F】



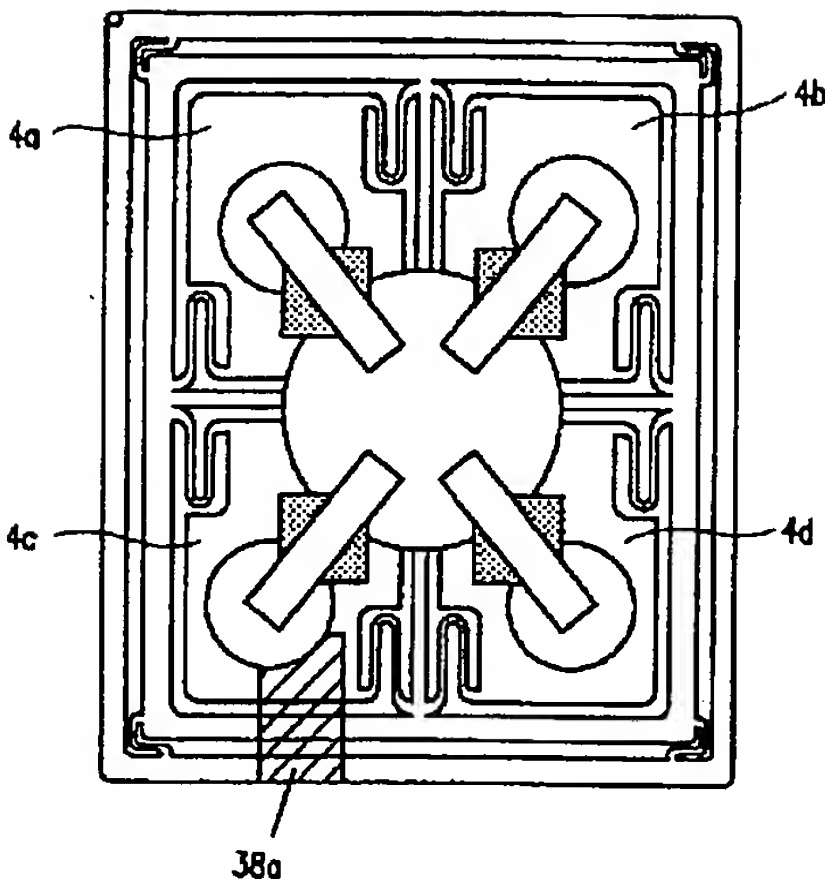
【図22】



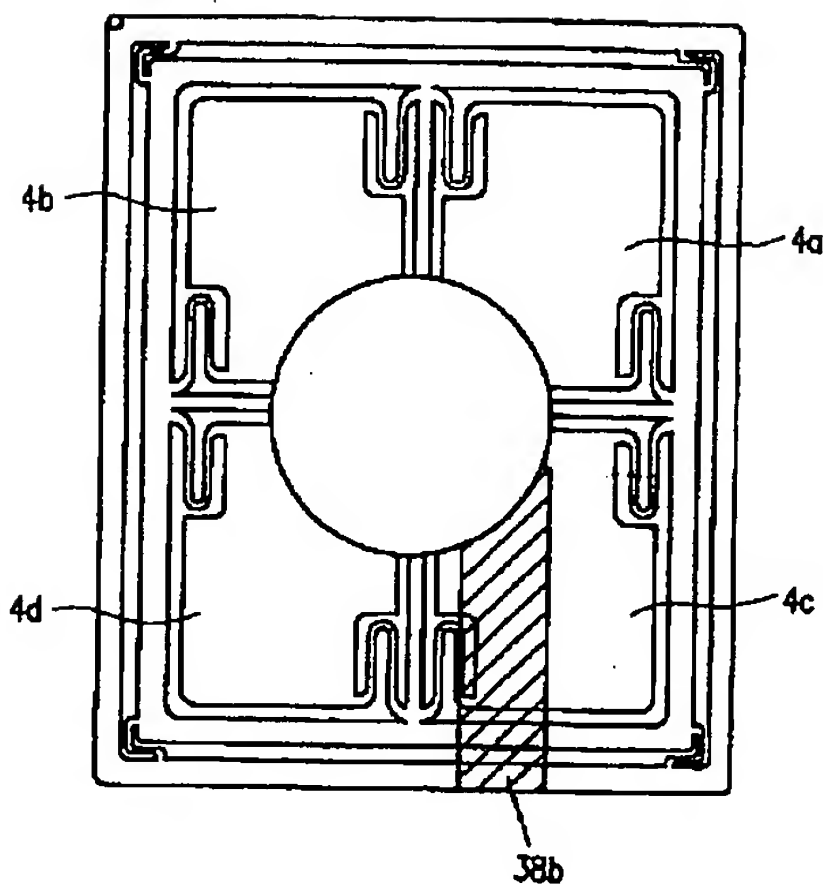
【図20L】



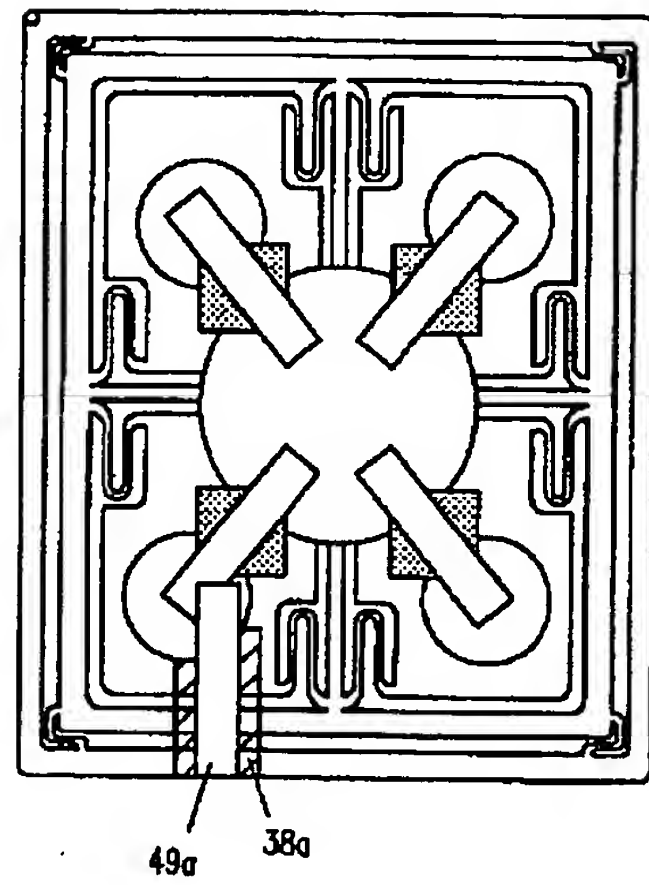
【図20G】



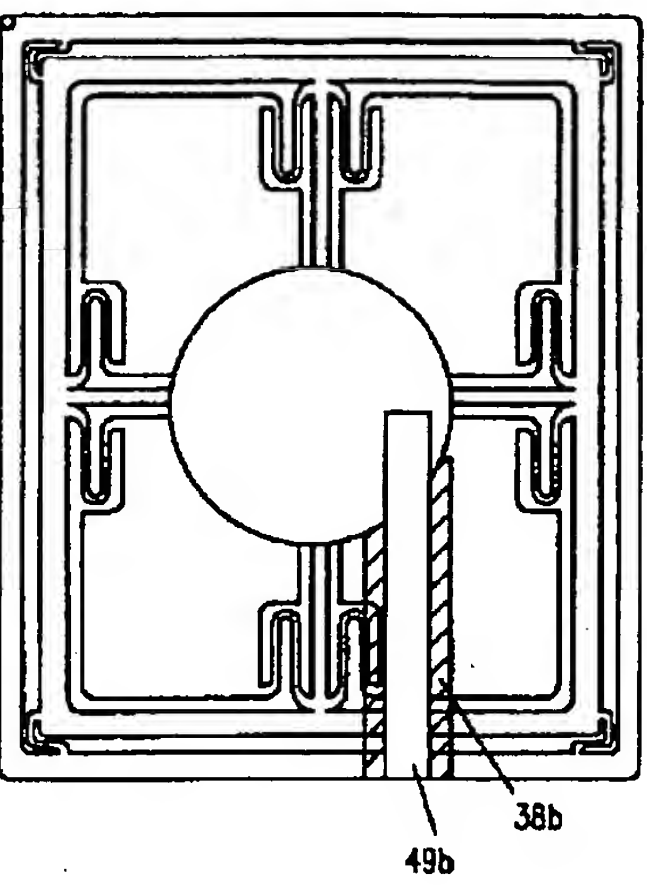
【図20H】



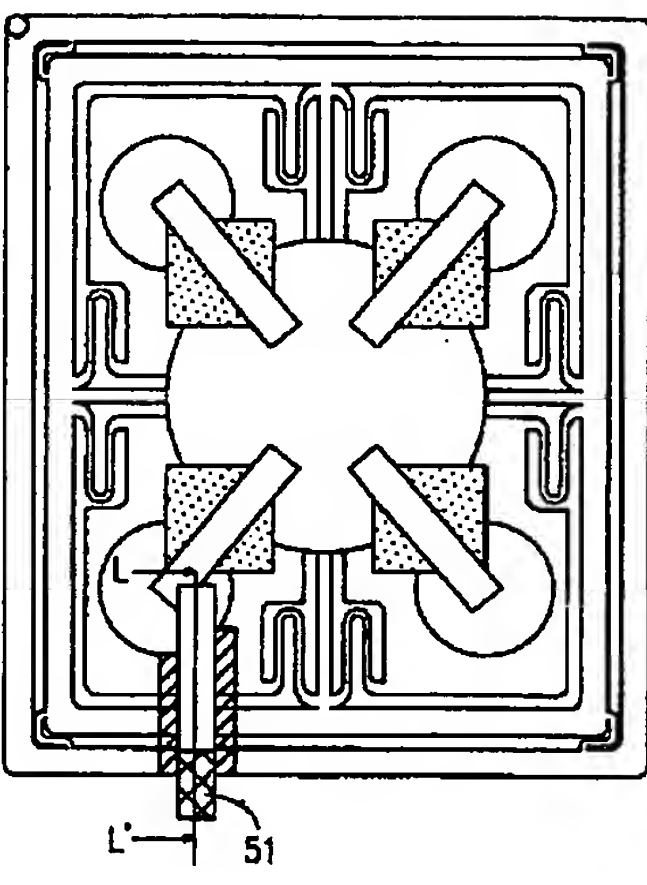
【図20I】



【図20J】

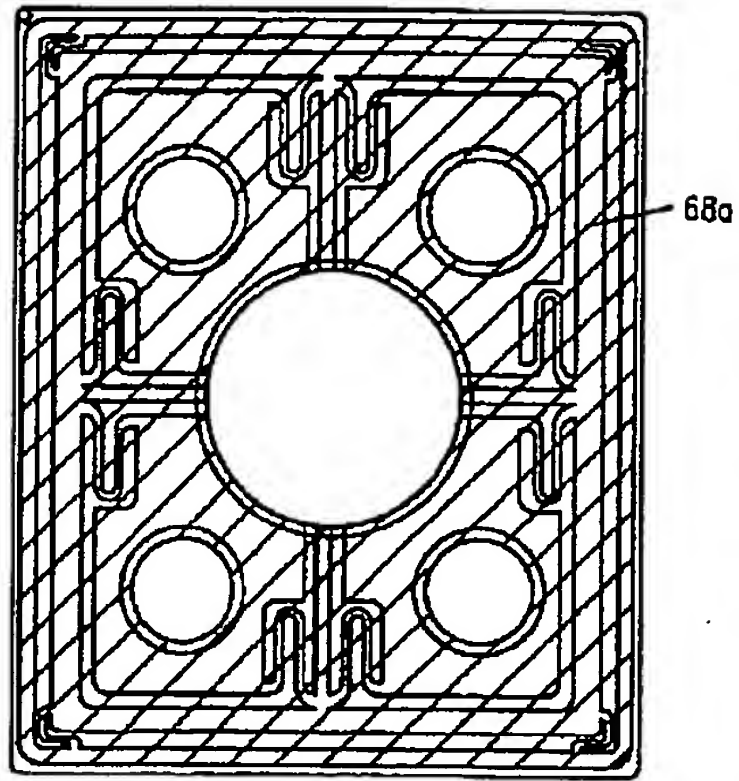


【図20K】

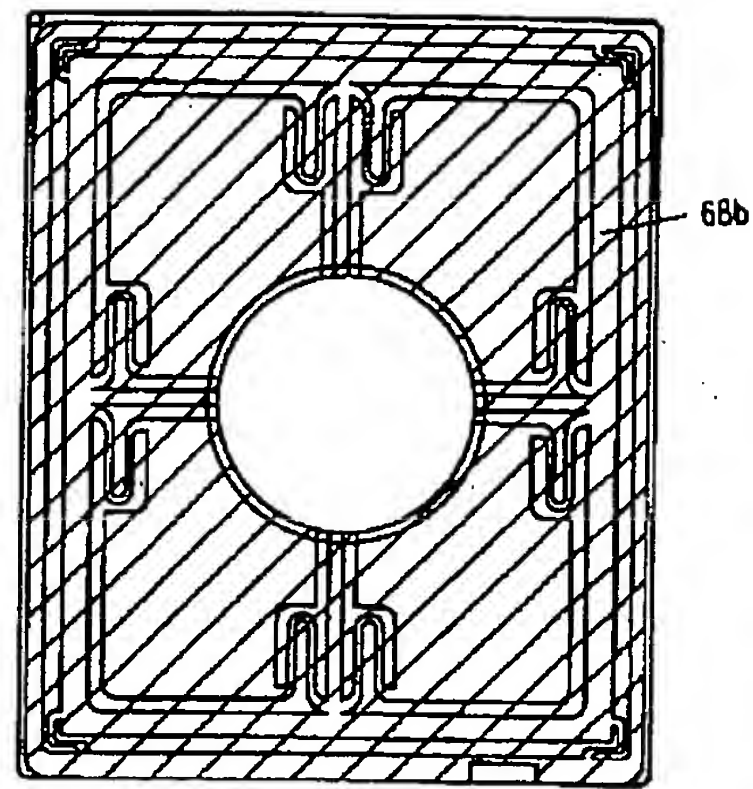




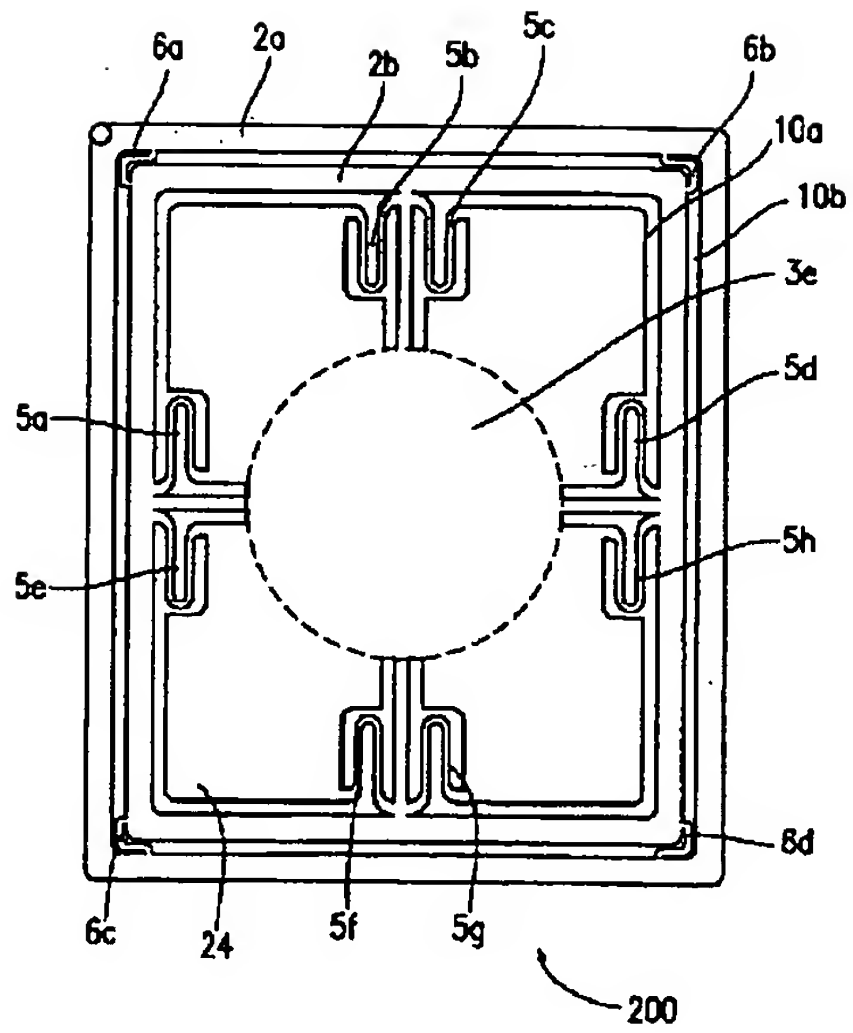
【図20M】



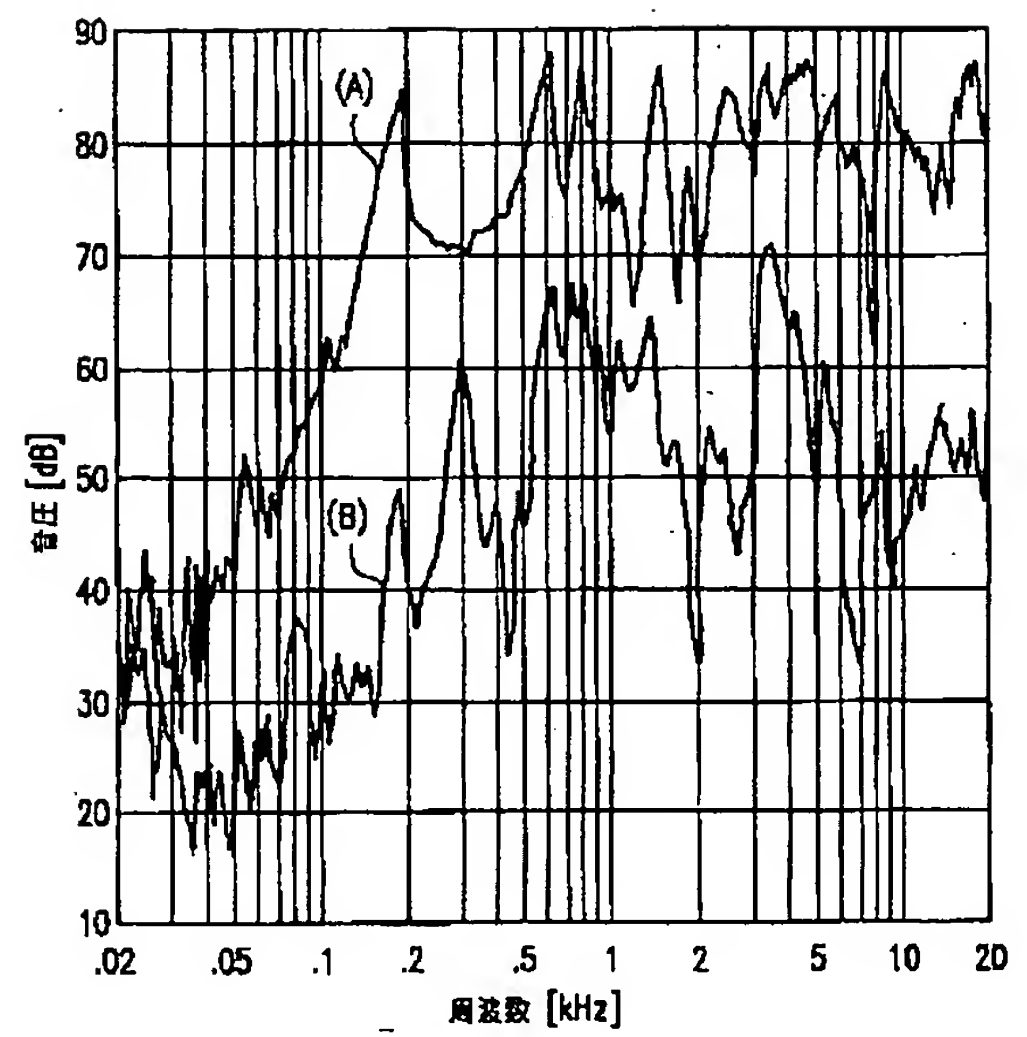
【図20N】



【図21】



【図23】



【図24】

